



ANNALES
DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, du chef de la division des mines, et d'un ingénieur, adjoint au membre remplissant les fonctions de secrétaire:

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernent les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des Travaux Publics, à M. le secrétaire de la commission des* ANNALES DES MINES, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Ce, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du ministre des Travaux publics.

CINQUIÈME SÉRIE.

TOME II.

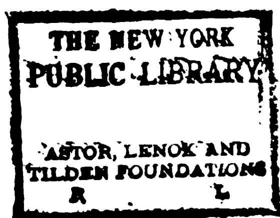
PARIS.

CARILIAN-GOEURY ET Vor DALMONT,

LIBRAIRES DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49.

1852



ANNALES
DES MINES.

GÉOLOGIE DU PÉROU.

NOTICE GÉOLOGIQUE SUR LES DÉPARTEMENTS DE HUANCAVELICA ET D'AYACUCHO,

Par M. LÉON CROSNIER, ancien élève externe de l'École des mines.

L'immense chaîne des Andes qui s'étend sans interruption depuis le cap Horn jusqu'aux mers glacées du pôle Nord et décrit dans son parcours le tiers d'un grand cercle du globe terrestre est, sans aucun doute, le résultat du soulèvement le plus important par son étendue et par ses conséquences, puisque c'est à lui qu'est due, au moins quant à ce qui concerne la partie occidentale des deux Amériques, la configuration de la côte depuis le détroit de Behring jusqu'au cap Horn, configuration qui n'est altérée que sur un très-petit nombre de points par des causes postérieures au soulèvement et indépendantes de cette immense révolution géologique.

Depuis M. de Humboldt, auquel on doit sur l'Amérique du Sud et sur le Mexique le travail géologique le

plus remarquable qui ait encore été publié, bien des savants ont exploré d'une manière plus ou moins complète plusieurs parties du vaste cadre tracé par l'illustre voyageur, sans épuiser un sujet qui pendant longtemps sera loin d'être suffisamment étudié. La difficulté la plus grande dans des pays aussi vastes et aussi prodigieusement accidentés que le sont le Chili, la Bolivie, le Pérou, l'Équateur et la Nouvelle-Grenade, consiste à relier entre elles des observations faites à peu de distance l'une de l'autre et qu'il est impossible de noter sur une carte géographique d'une exactitude même approximative. Il en est de même à plus forte raison lorsqu'il s'agit d'observations séparées par plusieurs centaines de lieues. Cependant c'est ce lien à établir qui constitue la partie la plus intéressante de la géologie des Cordillères, si l'on admet, comme je n'en fais aucun doute, qu'elles ont été produites par un seul et même soulèvement dont la carte géologique reste et restera encore bien longtemps à faire.

Dans l'état actuel des choses, le voyageur consciencieux ne peut que se borner à décrire son itinéraire, sauf à indiquer en passant le petit nombre de faits généraux qu'il aura observés.

Pendant les années 1850 et 1851, je fus chargé par le gouvernement du Pérou d'une exploration minéralogique qui devait embrasser les départements intérieurs de *Huancavelica* et d'*Ayacucho*. Ma mission avait pour but spécial d'étudier sous le point de vue industriel les exploitations de mines abandonnées ou en activité, et d'indiquer aux exploitants la meilleure marche à suivre pour tirer parti des richesses qu'ils ont entre les mains. Les mines de mercure de *Huancavelica* et les districts minéraux autrefois si productifs de *Castro-vireyna* et de *Niñobamba* étaient signalés par-

ticulièrement à mon attention et les deux derniers surtout m'inspiraient une vive curiosité, moins à cause des récits qui m'avaient été faits de leur prodigieuse richesse à l'époque de la domination espagnole, que parce qu'étant situés presqu'au sommet de la Cordillère et à une assez grande distance des routes suivies d'ordinaire par les voyageurs, ils n'ont encore été visités ni étudiés par personne.

Mon intention n'est pas de reproduire ici les données industrielles et purement pratiques que j'ai mises entre les mains du gouvernement et des mineurs du Pérou, mais seulement de décrire sous le point de vue géologique, ainsi que je l'ai dit plus haut, mon itinéraire, en y ajoutant un petit nombre d'observations que j'ai pu faire sur d'autres points du Pérou à des époques antérieures.

Toutefois avant de donner la description des terrains que j'ai rencontrés pendant mon voyage, je crois nécessaire d'indiquer d'une manière générale la disposition ou, si je puis m'exprimer ainsi, l'allure de la Cordillère depuis le Chili jusqu'au Pérou. Dans un précédent mémoire relatif au Chili (1), j'ai parlé des deux soulèvements parallèles qui s'étendent à partir de la ville de *Santiago* jusqu'à l'archipel de *Chiloë*, séparés constamment l'un de l'autre par une vallée dont la largeur moyenne est de 7 à 8 lieues : à quelques lieues au nord de *Santiago*, la chaîne exclusivement granitique de la côte se rapproche de la grande Cordillère de l'intérieur et se confond avec elle, de telle sorte que la division entre les roches de soulèvement et les terrains stratifiés plus ou moins profondément métamorphisés devient beaucoup moins tranchée sans cependant cesser

---

(1) *Annales des mines*, 4ᵉ série, année 1851, tome XIX.

d'exister. La Cordillère principale, qui constitue la ligne de partage des eaux, n'offre plus de pics aussi élevés que dans la partie méridionale du Chili, et les innombrables chaînons transversaux qui s'en écartent descendent quelquefois jusqu'à la mer et encaissent profondément de rares cours d'eau torrentiels, qui demeurent presqu'à sec pendant la plus grande partie de l'année.

Dans la Bolivie, l'étendue transversale du soulèvement devient beaucoup plus considérable, et l'on y trouve d'immenses plateaux que plusieurs voyageurs ont déjà décrits. La situation géologique des roches soulevantes et des terrains stratifiés soulevés est aussi tout à fait distincte de celle qu'on remarque au Chili où les montagnes de la côte sont exclusivement granitiques, de telle sorte qu'il faut pénétrer de 10 à 15 lieues dans l'intérieur avant de rencontrer les premiers porphyres stratifiés. Dans les environs de *Cobija*, tout au contraire, la partie supérieure des montagnes escarpées, dont le pied descend jusqu'à la mer, se compose de roches stratifiées rougeâtres, ferrugineuses, que l'on pourrait confondre avec les porphyres bigarrés du Chili, tandis que l'on trouve encore vers la base les roches granitiques, ou plus exactement des roches ignées dans lesquelles toute trace de stratification a disparu. C'est un peu au nord de *Cobija* que se trouvent de nombreuses mines de cuivre dont quelques-unes sont assez riches et dans lesquelles on rencontre en abondance l'oxichlorure de cuivre cristallisé désigné sous le nom d'atacamite, parce que le petit port de *Cobija* est situé vers la limite du grand désert d'*Atacama*.

Plus au nord, vers le port d'*Iquique*, le terrain stratifié porphyroïde constitue exclusivement les montagnes de la côte, et c'est à moins de 2 lieues de distance

directe de la mer que se trouvent les mines d'argent du *Huantajaya* et de *Santa-Rosa*, autrefois célèbres par leur excessive richesse.

Toujours en se dirigeant vers le nord, le *Morro* d'*Arica*, qui signale aux navigateurs la situation du mouillage, et les montagnes voisines sont formées par des couches alternatives de poudingues porphyroïdes excessivement durs, de petrosilex, de grès et de tufs argileux blanchâtres. Dans une plaine très-légèrement ondulée, qui s'étend entre *Arica* et *Tacna*, un puits percé à plus de 100 mètres de profondeur, à peu près à moitié route, traverse des roches stratifiées blanches, légères, très-analogues à des tufs, mais renfermant des cristaux de feldspath carié et parfois des petits fragments irréguliers qui ressemblent tout à fait à de la pierre ponce. Le sable qui recouvre presque partout la plaine est remarquable, parce qu'il est composé en grande partie de petits cristaux de quartz parfaitement intacts et transparents et qui brillent au soleil presque comme des diamants. Ces cristaux sont formés de deux pyramides à six faces très-régulières et réunies par leurs bases; ils n'ont pu être transportés de bien loin, puisque toutes leurs arêtes sont encore parfaitement vives. Dans le département d'*Ayacucha*, j'ai trouvé des sables semblables à côté des couches de grès dont ils provenaient, mais dans la plaine de *Tacna* je n'ai vu nulle part les roches dont la décomposition aurait pu leur donner naissance.

Depuis la latitude d'*Arica* jusqu'à celle de *Guayaquil*, la Cordillère cesse de se diriger exactement du sud au nord et s'infléchit vers le nord-nord-ouest, modifiant ainsi la forme du continent, de telle sorte que toute la côte du Pérou à partir d'*Arica* se dirige au nord-nord-ouest parallèlement à la Cordillère.

A peu de distance du fameux lac de *Titicaca*, où la tradition place le berceau des Incas, la Cordillère forme ce que M. de Humboldt appelle un nœud duquel se séparent deux chaînes parallèles éloignées l'une de l'autre de 10 à 12 lieues, qui ne se rejoignent plus qu'à une centaine de lieues de distance, vers le *Cerro de Pasco*, où leur réunion constitue un second nœud. La chaîne intérieure ou orientale est moyennement moins élevée que la chaîne occidentale, cependant de distance en distance on y remarque des pics inaccessibles et couverts de neiges éternelles. Un assez grand nombre de chaînons perpendiculaires ou contre-forts relient les deux chaînes et constituent une succession de bassins entièrement séparés les uns des autres; les eaux pluviales de chaque bassin, très-abondantes pendant l'été, suivent les mille détours de gorges abruptes et d'une profondeur immense et traversent ainsi la Cordillère orientale, qui au premier abord semblerait devoir leur opposer une barrière insurmontable. De l'autre côté de cette chaîne, elles rencontrent bientôt des régions moins accidentées couvertes de la splendide végétation des tropiques, habitées par des Indiens insoumis et barbares, et qui n'appartiennent au Pérou que sur les cartes. Les nombreux torrents qui descendent du versant oriental de la chaîne intérieure se déversent dans les rivières déjà considérables qui sortent des bassins compris entre les deux Cordillères, et leur réunion constitue l'*Apurimac*, l'*Ocayale*, le *Huallaga* et tant d'autres rivières immenses, presque partout navigables, qui, après un parcours de plusieurs centaines de lieues, vont se perdre dans le fleuve des Amazones.

Il résulte de cette disposition que le Pérou se divise naturellement en trois zones tout à fait distinctes par

leur climat, leurs produits, leur topographie et leur avenir industriel et social.

1° La *région de la côte* où il ne pleut jamais et qui est condamnée à une aridité absolue partout où les irrigations artificielles ne sont pas possibles. On y trouve quelques plaines assez vastes, voisines de la mer, et qui correspondent sans aucun doute aux terrains tertiaires très-modernes de la côte du Chili, et des vallées qui ne s'élargissent guère que dans le voisinage de la mer et dont le sol est formé par des alluvions fluviales, produites évidemment par des cours d'eau beaucoup plus considérables que les torrents quelquefois presqu'à sec qui les sillonnent aujourd'hui et qui sont le résultat de la fonte des neiges sur le versant occidentale de la Cordillère,

C'est du reste une observation qu'il est impossible de ne pas faire partout, sur la côte de l'Amérique du sud, dans le nord du Chili, la Bolivie et le Pérou, c'est qu'à une époque plus ou moins éloignée, mais postérieure à celle du soulèvement, les eaux pluviales et torrentielles ont nécessairement exercé une action modifiante locale, quelquefois très-considérable, et dont elles sont actuellement tout à fait incapables. Ainsi, dans les environs de *Cobija*, les montagnes très-abruptes qui bordent la mer sont séparées l'une de l'autre par des ravins dont le fond est comblé par de l'argile et des cailloux roulés déposés par altises, de manière à produire une espèce de plan incliné triangulaire qui descend vers la mer en s'élargissant très-rapidement : ces formations géologiques tout à fait locales et qu'aucune cause postérieure n'est venue altérer, sont dues évidemment à l'action des eaux pluviales, et la pluie est chose entièrement inconnue à *Cobija* où l'on ne rencontre dans un rayon de plusieurs lieues autour de la ville qu'une seule source d'eau

saumâtre qui suffit à grand'peine aux besoins des habitants.

La région de la côte est par ses ports en communication directe avec l'Europe ; bien que l'agriculture y soit limitée par la nécessité des irrigations artificielles , elle est encore susceptible d'un très-grand développement et pourrait suffire aux besoins d'une population trois ou quatre fois plus nombreuse que celle qu'elle nourrit aujourd'hui. Il est possible d'y ouvrir des voies de communications praticables aux voitures sur un assez long parcours. Le climat en est presque partout très-sain. En définitive elle est et restera sans doute la partie la plus civilisée et la plus florissante de tout le Pérou.

2° La *région montagneuse* comprise entre les deux chaînes de Cordillère et connue dans le pays sous le nom de *Sierra*. Le climat et les productions agricoles se rapprochent de ceux des zônes tempérées ; cependant, dans les gorges étroites et profondes qui traversent la chaîne orientale on cultive la canne à sucre. On n'y trouve que rarement des plateaux de peu d'étendue, et quelques vallées comme celle de *Jauja*, qui sans doute était le fond d'un lac de douze lieues de long sur trois ou quatre de large dont les eaux se sont frayé une issue par la gorge au fond de laquelle passe la rivière d'*Iscuchaca*. Tout le reste se compose de montagnes entassées confusément et constitue le pays le plus accidenté peut-être du monde entier : quels que soient les progrès de l'industrie, l'accroissement de la population et les sommes que l'on se résignerait à engloutir, il sera éternellement impossible d'y circuler autrement qu'à pied ou à cheval et les transports devront toujours s'y effectuer à dos de mulets ou de lamas. On comprend sans peine que l'industrie d'une contrée enfermée entre deux barrières de neiges éternelles, qui s'ouvrent de loin en

loin pour offrir un étroit passage aux voyageurs, doit se borner aux objets de consommation locale ou aux produits qui par leur valeur peuvent supporter des frais de transport considérables : les métaux précieux sont dans ce dernier cas et la nature les a disséminés avec profusion sur les flancs escarpés des deux Cordillères et de toutes leurs ramifications. L'industrie minérale est donc la seule qui offre véritablement de l'avenir aux populations arriérées de la *Sierra*.

3° La *région des forêts* que les habitants du pays désignent sous le nom de *Montana* et qui s'étend depuis le versant oriental de la Cordillère intérieure jusqu'aux frontières de la Bolivie, du Brésil et de l'Équateur. Ce sont des pays presque inconnus, couverts de forêts vierges impénétrables, sillonnés par d'immenses cours d'eau tributaires de l'Amazone et presque partout navigables. Il est difficile de dire si les richesses métalliques y sont très-abondantes, car la domination réelle des Péruviens s'arrête à l'est de la ligne de faîte aux premiers échelons descendant de la Cordillère : on sait cependant de la manière la plus certaine que les vastes plaines connues sous le nom de *Pampas del Sacramento*, et les sables de la plupart des rivières renferment beaucoup d'or.

Dans l'état actuel des choses l'industrie de la troisième région est presque nulle, car les difficultés du transport s'accroissent de la nécessité de traverser, par des chemins à peu près impraticables, une seconde chaîne de Cordillères. Cependant, il semblerait que ces vastes régions si fertiles et que de nombreuses rivières navigables mettent en communication avec l'Océan atlantique, peuvent demander à l'Europe par cette voie directe les lumières et les bras dont elles ont besoin. Il n'en est rien cependant, et tout l'intérieur de l'Améri-

que, malgré l'ouverture des grands cours d'eau de la *Plata* et du *Paraguay*, dont on semble attendre de si brillants résultats, est pour bien longtemps encore fatalement condamné à la solitude. L'émigration européenne sera toujours découragée par l'insalubrité du climat et par l'impossibilité où sont les blancs de s'accoutumer au travail sous un soleil dévorant, que la race noire seule supporte bien : la paresse naturelle aux Indiens encore indépendants les rend impropres à tout travail régulier ; depuis la découverte de l'Amérique ils ont disparu devant la civilisation sans lui rien emprunter, et les 25.000.000 d'habitants qui peuplent aujourd'hui les États-Unis sont presque tous d'origine blanche. D'ailleurs, les tribus errantes de l'Amérique centrale sont trop peu nombreuses ; c'est par dizaines de millions qu'il faudrait compter les habitants de ces vastes contrées avant qu'elles cessent de ressembler au désert.

Distribution des filons métalliques du Pérou.

Je terminerai ici ces notions générales, que j'ai exposées aussi brièvement que possible ; mais avant d'arriver à la description particulière des terrains que j'ai traversés, je crois utile d'indiquer que la distribution des filons métalliques dans la Cordillère du Pérou est soumise à la loi que j'ai indiquée pour le Chili (1). Cette loi, excessivement simple, peut s'énoncer de la manière suivante, en ce qui touche les filons d'or, de cuivre et d'argent.

Dans les terrains granitiques ou d'origine ignée on trouve un grand nombre de filons aurifères et de filons cuivreux. Ces derniers, quelle que soit la nature du minerai, ne renferment jamais d'argent.

Dans les terrains stratifiés antérieurs au soulèvement,

(1) *Annales des mines*, 4ᵉ série, année 1851. Tome XIX, p. 206.

qu'ils soient ou non métamorphisés, on rencontre tous les filons de minerai d'argent proprement dit, des filons de galène toujours argentifère, et de nombreux filons de cuivre qui renferment en général plus ou moins d'argent.

Quelques renseignements sur l'exactitude desquels je crois pouvoir compter me portent à croire qu'il n'en est plus de même dans la Nouvelle-Grenade, où M. Malinvaud, ingénieur, chargé de la direction des mines d'or de Malpaso et de Rio-Dulce, signale l'existence de filons aurifères dans l'arkose.

Quant aux gisements de mercure ils paraissent se rencontrer indifféremment dans les terrains stratifiés et dans le granit : c'est ainsi qu'au Chili la mine de *Punitaque* est située dans le terrain granitique, tandis que les nombreuses mines de mercure du Pérou appartiennent toutes à des grès probablement subordonnés au terrain carbonifère.

Je passe maintenant à la description géologique de mon voyage, et pour plus de clarté je vais indiquer sommairement l'itinéraire que j'ai suivi. Itinéraire.

De Lima vers la Cordillère en remontant la vallée du *Rimac*; Cordillère au passage d'*Antarangra*. Mines et usines de *Morococha* et de *Pucará*. District minéral de *Yauli*.

Villes de *Jauja*, *Huancayo*, *Escuchaca* et *Huancavelica*. Mines de mercure.

De *Huancavelica* à *Ayacucho*, en passant par *Pampas* et *Huanta*. Districts minéraux de *Huayllay*, *Rapi* et *Niñobamba*.

D'*Ayacucho* à *Huancavelica* par *Huanta* et *Acobamba*.

De *Huancavelica* à *Pisco*, en passant par les villes de *Castro-Vireyna*, *Huaytará* et *Yca*. District minéral de *Castro-Vireyna*.

Lima. Terrain d'alluvion moderne.

La ville de *Lima* est située sur les bords du *Rimac*, dans la vallée de ce nom, et repose sur un terrain d'alluvion d'une grande puissance qui s'étend le long de la côte assez loin vers le sud. Il se compose de couches alternatives d'argile et de gros cailloux roulés qui ont quelquefois plus d'un mètre de diamètre; l'argile mélangée aux galets n'y adhère en aucune façon et est assez impure pour constituer, sans aucune addition, une terre végétale d'excellente qualité; sans aucun doute ce terrain a été déposé par la mer à la même époque que les calcaires à fossiles modernes de *Copiapo* et de *Coquimbo* et les grès à lignites de *Concepcion*. Le soulèvement lent qui aujourd'hui encore se fait sentir d'une manière appréciable sur la côte méridionale du Chili l'a relevé au-dessus du niveau de la mer, vers laquelle il s'incline assez rapidement, car *Lima* est élevé de 154 mètres, tandis que les falaises abruptes que forme ce terrain entre le port du *Callao* et la petite ville de *Chorrillos*, à trois lieues plus au sud, n'ont guère que 25 à 30 mètres de hauteur verticale.

Le même terrain, modifié dans sa composition par les circonstances locales, forme le long de la côte du Pérou des dépôts plus ou moins étendus qu'il ne m'a pas été donné d'étudier avec assez de détails pour les décrire.

Nature des montagnes aux environs de Lima.

Les derniers chaînons de la Cordillère qui disparaissent sous le terrain tertiaire ou forment quelques promontoires et de petits îlots peu éloignés de la côte, aux environs de *Lima*, paraissent appartenir exclusivement au terrain stratifié soulevé. Cependant les montagnes contiguës à la ville et qui s'étendent vers le nord jusqu'à la mer sont formées d'une roche porphyrique qui parfois semble passer au granit, dans laquelle la stratification n'est plus apparente et que je

suis porté à considérer comme d'origine ignée. Au S. E. au contraire on remarque des assises puissantes d'un calcaire compacte grisâtre, traversé par de nombreuses veinules de chaux carbonatée lamellaire, et duquel on extrait une chaux grasse d'excellente qualité. Ses couches plongent vers le S.-O. Au pied de ces montagnes calcaires on trouve plusieurs mines abandonnées et dans lesquelles il est impossible d'entrer parce qu'elles sont remplies de déblais. On m'a assuré qu'elles avaient produit, du temps des Espagnols, du minerai d'argent d'une assez grande richesse, mais il est permis de considérer ce fait comme très-douteux si l'on considère que l'exploitation n'a pas été très-étendue et qu'il est probable qu'on n'aurait pas cessé de travailler des mines si favorablement situées à une lieue à peine d'une grande ville, et où se trouvaient réunies, ce qui est si rare en Amérique, toutes les facilités de transport, d'approvisionnement, de main-d'œuvre et de traitement métallurgique. Quoi qu'il en soit, je cite ce gisement de minerai d'argent parce qu'il constitue une exception relativement à tous ceux que j'ai observés. En effet, il est situé au pied d'une montagne et à 180 mètres au-dessus du niveau de la mer, tandis que les autres gisements du Chili et du Pérou atteignent des hauteurs toujours très-considérables.

Couches calcaires.

Mines d'argent abandonnées.

L'île de *San Lorenzo*, qui ferme au S.-O. la rade du Callao, est exclusivement constituée, ainsi que les îlots et les roches isolées qui l'avoisinent, par le terrain stratifié soulevé. Sa hauteur moyenne est d'environ 200 mètres. Les couches alternatives sont très-régulières, d'une faible puissance, et plongent vers le S.-S.-O. de 20 à 25 degrés. Elles sont formées d'argile endurcie qui passe presqu'au quartzite, avec des empreintes dendritiques dans les séparations naturelles de la roche, d'argile rou-

Ile de San Lorenzo.

geâtre très-ferrugineuse et vers la base de grès siliceux d'un gris verdâtre. On m'avait assuré qu'il s'y trouvait quelques couches de combustible minéral, mais j'ai constaté que c'était une erreur provenant sans doute de ce que certaines assises peu épaisses d'un grès plus dur que ne le sont les assises supérieures et inférieures forment saillie dans les escarpements naturels, et finissent par prendre extérieurement une teinte noirâtre très-foncée qui de loin leur donne assez bien l'aspect d'un affleurement de houille.

Roches percées.

Autour de l'île de *San Lorenzo*, au niveau même de la mer, on trouve des cavernes quelquefois très-profondes où les vagues se brisent et s'engouffrent avec fracas. Leur formation s'explique très-facilement par ce fait que les couches successives et certaines parties de la même couche se laissent plus ou moins facilement désagréger par les agents atmosphériques et par le mouvement continuel de la mer, de telle sorte que ces cavernes ont pour toit une couche assez dure pour résister au choc de la houle qui brise incessamment au pied de l'île, tandis que sa couche inférieure est entièrement enlevée. La même cause a produit au sud de l'île de *San Lorenzo* et en face des falaises de *Chorrillos* des arcades, sous lesquelles de grandes embarcations pourraient facilement passer si elles n'étaient entourées de brisants qui les rendent inaccessibles.

Morro de Chorrillos.

Le promontoire de *Chorrillos*, terminé par une montagne arrondie qu'on appelle le *Morro* et qui ne doit pas avoir moins de 400 mètres de hauteur verticale, est formé par des roches stratifiées tout à fait identiques à celles de *San Lorenzo* et qui plongent au sud. Seulement les couches de grès qui en forment la base acquièrent une très-grande puissance.

Vallée du Rimac. Roches ignées.

Si maintenant on abandonne le rivage de la mer et,

laissant derrière soi la ville de *Lima*, on rencontre la vallée du *Rimac* pour se diriger vers la Cordillère, on trouve bientôt le terrain granitique à droite et à gauche de la vallée. Les roches ignées qui le constituent offrent comme au Chili une grande variété, cependant la roche dominante est le granit ordinaire traversé par d'innombrables filons quartzeux et feldspathiques. La vallée se rétrécit assez rapidement, et l'alluvion de sables, d'argile et de cailloux roulés qui la remplit se compose des matières transportées par les eaux qui découlent de la Cordillère. Il y a lieu d'appliquer ici l'observation que j'ai déjà faite d'une manière générale, c'est que le volume d'eau actuel du *Rimac* aurait été tout à fait insuffisant pour donner naissance à l'alluvion dans laquelle il se creuse un lit quelquefois très-encaissé, de telle sorte qu'il détruit plutôt qu'il n'y ajoute; et que le fond de tous les ravins subordonnés qui débouchent dans la vallée du *Rimac* est rempli par une alluvion semblable, alors même qu'ils sont encore assez éloignés de la Cordillère pour qu'il n'y pleuve jamais.

Village de Chaclacayo.

A six lieues environ de Lima, on rencontre le petit village de *Chaclacayo* dont l'élévation au-dessus du niveau de la mer est déjà de 690 mètres (1), de telle sorte que la pente moyenne de la vallée est à peu près de $0^m,02$ par mètre.

Ruines indiennes.

A droite et à gauche de la vallée, au pied des montagnes entre *Lima* et *Chaclacayo*, on remarque les ruines

(1) Il m'a été impossible de me procurer à Lima un baromètre de voyage, et par conséquent de déterminer moi-même les hauteurs que j'indique ici. Je les emprunte à D. Mariano de Ribero qui les a mesurées barométriquement, et je suis convaincu qu'on peut les considérer comme aussi exactes que peuvent l'être des observations de ce genre qui n'ont peut-être été faites qu'une ou deux fois pour chaque station.

de plusieurs villages indiens antérieurs à la domination espagnole. Il ne reste plus de ces villages que des murailles en terre battue, et, grâce à l'excessive sécheresse du climat, ces constructions qui semblent si éphémères résistent depuis plusieurs siècles et résisteront longtemps encore à l'action destructive du temps. Contrairement aux Péruviens d'aujourd'hui qui placent leurs villages près des cours d'eau et au centre des terrains cultivés, les Indiens d'autrefois, dont le nombre surpassait de beaucoup la population actuelle du pays, s'éloignaient des rivières et semblaient fuir la végétation, du moins dans la partie du Pérou que j'ai désignée sous le nom de région de la côte : c'est ainsi que dans les vallées toutes les ruines indiennes se trouvent le près plus possible du pied des montagnes, sur les parties les plus arides et les plus sèches du terrain d'alluvion ; dans les plaines qui longent la mer près desquelles vivait une population nombreuse dédiée à la pêche et à la culture de la terre, les villages indiens sont toujours situés sur des éminences naturelles ou factices. Il est probable qu'en faisant ce choix, tout au moins incommode, les Indiens n'avaient pas d'autre motif que celui d'échapper aux fièvres intermittentes qui règnent dans toutes les vallées alors que la crue des rivières amène des débordements et détermine dans les parties basses de ces vallées la formation de petites lagunes d'eau stagnante dont les miasmes produisent des fièvres quelquefois mortelles.

Terrain stratifié. Porphyres bigarrés.

En continuant à remonter vers la Cordillère, à 7 lieues de *Chaclacayo*, un peu avant d'arriver au petit village de *Cocachacra*, les taches ignées disparaissent sous le terrain stratifié. Celui-ci se compose exclusivement de porphyres bigarrés tout à fait analogues à ceux qu'on observe au Chili dans la province de *Copiapó*, et sur la

côte de Bolivie dans la province de *Cobija*. A la base des montagnes, et c'est là seulement que j'ai pu observer de près la nature de la roche, j'ai souvent remarqué un porphyre à ciment d'un vert presque noir, empâtant de gros cristaux prismatiques de feldspath blanc très-fragile et qui semble carié.

Terrain indéfinissable qui sépare le granite et les porphyr stratifiés.

J'ai retrouvé au contact du granite un terrain tout à fait semblable à celui qui sépare très-fréquemment au Chili les roches éruptives du terrain soulevé. C'est une sorte d'argile dont la couleur varie beaucoup et passe du blanc au jaune, au gris verdâtre et au rouge plus ou moins foncé; sa dureté est peu considérable même dans la profondeur, et à la surface elle est tout à fait désagrégée; on n'y trouve encore aucune trace de stratification, et cependant elle ne ressemble en aucune façon à une roche qui a été primitivement fondue et que les influences atmosphériques ont ensuite plus ou moins profondément décomposée, comme cela arrive si souvent pour le granit. Il est très-difficile d'assigner une origine à ce terrain, que nous retrouverons beaucoup plus au sud en redescendant de la Cordillère vers la mer, et la solution que j'ai donnée antérieurement, en le considérant comme le résultat du refroidissement brusque des roches de soulèvement au contact des roches soulevées, est loin de me satisfaire, bien que ce soit la seule que je rencontre.

Limite des pluies.

Un peu au-dessus de *Cocachacra* à seize lieues de Lima on trouve le village de *Surco*, à peu près sur la limite des pluies d'orage qui, dans les deux régions de la Sierra et des forêts, tombent presque sans interruption pendant les six mois d'été, depuis novembre jusqu'en avril. Aussi les maisons de *Surco* sont-elles recouvertes d'un chaume épais ou avec des tuiles grossièrement fabriquées, tandis que toutes celles des villes de la côte

ont des toits en terrasses imparfaitement protégées par une petite couche de terre argileuse.

San Mateo.

En remontant toujours le cours du *Rimac* on rencontre les villages de *Matucana* et de *San Mateo* à six lieues de *Surco*. D'après les observations de M. de Ribero, San Mateo se trouverait élevé de 3.149 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Effets du soulèvement sur le terrain stratifié.

Des deux côtés de la vallée ou plutôt du ravin étroit et profondément encaissé au fond duquel coule le *Rimac*, on retrouve le terrain stratifié que du reste nous n'allons plus quitter de longtemps, car dans toute la partie de la Sierra que j'ai visitée les roches soulevantes n'apparaissent plus que de loin en loin et n'occupent jamais un espace considérable. Jusqu'à *San Mateo* il se compose encore de porphyres bigarrés dont la couleur, la dureté et la composition chimique sont très-variables. L'action brusque du soulèvement a produit dans la stratification un bouleversement complet et il est impossible de déterminer d'une manière générale la direction et l'inclinaison des couches, car elles changent presqu'à chaque détour du ravin. Un peu au-dessous de *San Mateo* les couches se sont séparées parallèlement au plan de stratification et il en résulte des escarpements verticaux parfaitement réguliers qui n'ont pas moins de 300 mètres de hauteur au-dessus du torrent qui en baigne le pied. La verticalité de ce mur gigantesque est tellement parfaite qu'il semblerait même qu'il surplombe le ravin.

Défilé formé par des roches calcaires.

A une lieue au-dessus de *San Mateo* les porphyres bigarrés disparaissent et sont remplacés par une formation calcaire assez puissante. La stratification est souvent tout à fait verticale, mais perpendiculaire à celle du ravin et elle se dessine d'une manière exactement identique sur les escarpements des deux rives. La roche

est d'un gris presque noir, très-compacte, traversée par une grande quantité de petites veinules blanches, cristallines, et pourrait produire un marbre d'un bel effet. Au moment où on rencontre les couches calcaires le ravin devient beaucoup plus étroit, et bientôt il ne reste plus qu'un défilé de huit ou dix mètres de large au fond duquel le *Rimac* se précipite avec fracas de rochers en rochers, laissant à peine la place suffisante pour un escalier très-étroit, grossièrement taillé dans le roc vif, et que les mules chargées ne gravissent qu'en tremblant. Les deux parois exactement verticales ont au moins 200 mètres de hauteur. C'est la gorge la plus remarquable que j'aie jamais rencontrée, tant à cause de la régularité parfaite des escarpements parallèles, que de l'effort qui a dû être nécessaire pour séparer, perpendiculairement au plan des couches, une roche compacte d'un aussi immense volume.

Passage de la Cordillère par l'alto d'Antarangra.

Un peu au delà du défilé le ravin s'élargit, le calcaire disparaît, et l'on retrouve les porphyres bigarrés. Enfin, à six lieues de distance de *San Mateo* on parvient au sommet de la Cordillère par une pente assez douce. Le plateau d'une demi-lieue d'étendue qu'il faut franchir avant de commencer à descendre sur le versant oriental, les pics en partie couverts de neige qui s'élèvent dans l'axe même de la ligne de faîte et les contre-forts ou chaînes perpendiculaires, dans la partie qui se rattache à la grande chaîne, sont constitués par des porphyres bigarrés d'une composition variable, mais dont la couleur tire en général sur le rouge brun très-foncé. Sur le versant occidental les couches sont inclinées à l'ouest de 45° environ, et sur le versant oriental elles plongent rapidement à l'est. M. de Rivero fixe la hauteur du passage ou *portachuelo d'Antarangra* à 4803^{m} et c'est en même temps à peu de chose près la limite

des neiges éternelles, car au nord du *portachuela*, à une demi-lieue de distance du chemin, la neige qui recouvre en toutes saisons le versant méridional d'un pic fort élevé, descend jusqu'au pied de ce pic, au niveau même du plateau et du chemin.

Une circonstance assez remarquable, c'est que dans tous les points de la Cordillère où il m'a été donné d'arriver jusqu'aux neiges éternelles, je n'ai rien observé qui ressemblât aux glaciers de l'Europe. La neige se durcit assez pour être aussi difficile à entamer que la glace, mais elle conserve toute l'apparence de la neige. Cependant, sur les flancs des montagnes qui ne se couvrent de neige que pendant la saison des orages, partout où la pente est assez considérable, on trouve de vastes moraines, et les débris qui les composent conservent des angles à peu près intacts.

A cette élévation de 4.800 mètres la végétation ne disparaît pas encore complétement; le sol du plateau est recouvert d'une couche de mousse ou d'une petite herbe très-courte et très-serrée que les Indiens enlèvent par plaques rectangulaires et emploient comme combustible, lorsqu'elle est suffisamment desséchée. Cependant, le froid est assez intense, et la rareté de l'air est telle que les animaux qui ont été élevés près de la côte en sont incommodés et respirent avec la plus grande difficulté.

Fossiles calcaires.

A un quart de lieue sur la gauche du chemin, en se rapprochant du pic couvert de neige dont j'ai parlé un peu plus haut, sur le versant oriental de la Cordillère et un peu plus bas que la ligne de faîte, j'ai trouvé quelques moules calcaires dont les fossiles déterminés par M. Bayle, ingénieur des mines, appartiennent au terrain jurassique; l'un de ces moules fait partie du genre *Arca* et se rapproche beaucoup de l'Arca Ga-

brielis du terrain néocomien ; l'autre est un moule de *Ptérodonte.* C'est en vain que j'ai cherché les couches calcaires d'où proviennent ces moules de fossiles ; il est probable qu'elles sont placées plus haut dans la montagne et qu'elles étaient alors couvertes de neige, car j'envoyai le lendemain deux Indiens qui m'affirmaient connaître le gisement de ces coquilles ; et ces hommes revinrent au bout de deux jours sans avoir pu le retrouver.

Mine et usine de Morococha.

A une lieue à peu près du passage d'*Antarangra*, en descendant vers l'est par une pente rapide, on trouve un filon qui donne lieu à une exploitation considérable. Il s'enfonce verticalement dans des altises porphyriques et sa direction est S.-E. et N.-O. Le minerai se compose d'un mélange de cuivre gris à peine argentifère, de pyrite de fer, de pyrite arsenicale, de galène et de blende. Après une calcination en tas dans laquelle il se dégage d'abondantes vapeurs d'acide arsénieux, de sulfure d'arsenic, d'acide sulfureux et de soufre, le minerai grillé est fondu dans un four à réverbère avec une addition de 25 p. 100 de minerai cru, et produit dans une seule fonte une matte contenant moyennement 50 p. 100 de cuivre. Cette matte est transportée à dos de mules jusqu'au *Callao* et envoyée en Angleterre pour y être raffinée. Les fours à réverbères sont chauffés avec de la houille grasse d'assez bonne qualité, qui provient d'une mine éloignée d'environ six lieues, et que les circonstances ne m'ont pas permis de visiter.

Lac de Huascacocha.

En s'éloignant de la Cordillère, à partir de l'usine de *Morococha*, la nature des roches se modifie sensiblement ; le métamorphisme est moins apparent, souvent même il disparaît entièrement ; la stratification est très-nette, mais l'inclinaison des couches varie avec chaque montagne et tout porte encore les traces d'un boulever-

sement violent. Le chemin longe pendant deux lieues la grande lagune de *Huascacocha* qui est limitée, du côté opposé, par des montagnes escarpées dont les sommets sont couverts de neige. L'eau du lac, constamment renouvelée par la fonte des neiges, se maintient à une température assez voisine de 0°. A l'extrémité de ce lac le chemin fait un détour et franchit une montagne peu élevée composée d'énormes bancs de quartzite et de grès quartzeux blanc, quelquefois légèrement sali par de l'oxide de fer, et traversé par de petits filons de sulfate de baryte lamellaire. C'est au pied de cette montagne, dans une vallée qui descend de la Cordillère, que se trouvent les usines de *Sucara*.

Petits dépôts tourbeux.

Le fond de la vallée se compose d'une alluvion moderne qui supporte de place en place de petites tourbières, qu'il est impossible de traverser sans de grands dangers; du reste, la tourbe est très-impure, mélangée de végétaux encore intacts, et les habitants du pays n'ont pas songé à l'utiliser comme combustible.

Terrain houiller.

Sur le versant opposé de la vallée les montagnes sont formées d'assises puissantes de grès jaunâtre, séparées par des couches peu épaisses de poudingues à ciment quartzeux. Des failles nombreuses ont déterminé des fractures et des cavités souvent assez étendues, et en faisant sur ce point des recherches de houille on est parvenu à d'immenses cavernes intérieures, ce qui fait dire aux habitants que la montagne est creuse. Entre les couches de grès il y a fréquemment de petites couches de charbon de terre très-impur, et alors la surface du grès se recouvre d'efflorescences jaunâtres composées de sulfate d'alumine et de sous-sulfate de fer.

Troncs d'arbres fossiles.

Il n'est pas rare de rencontrer dans les bancs de grès d'énormes troncs d'arbre entièrement transformés en

quartz compact noirâtre, traversé par des petites veinules de chaux carbonatée blanche, cristalline ; ces troncs sont couchés dans le grès parallèlement à la stratification. J'en ai observé sept ou huit ; à l'intérieur la structure ligneuse a tout à fait disparu, mais à l'extérieur on reconnaît parfaitement la structure de l'écorce et la naissance de quelques grosses branches. C'est en vain que j'ai cherché à découvrir des empreintes fossiles de coquilles ou de végétaux.

Filons métalliques.

Dans la formation de grès siliceux, dont j'ai parlé un peu plus haut, et, en se rapprochant de la Cordillère, dans les porphyres bigarrés, se trouvent de nombreux filons dont les minerais sont traités dans l'usine de *Pucará*. Ces minerais sont très-variés ; c'est ainsi que certains filons produisent des galènes à peu près pures ou mélangées de pyrite de fer ; dans d'autres on extrait des galènes accompagnées de pyrite, de beaucoup de blende et d'un peu de cuivre gris ; enfin, il y a des filons d'oxyde de fer avec un peu de carbonate, de sulfate et de silicate de cuivre, du cuivre gris et quelques mouches d'argent rouge. Tous contiennent plus ou moins d'argent ; la teneur de ceux qui sont exploités dans l'usine varie depuis 0,001 jusqu'à 0,01.

Usine de Pucará

Les minerais sont traités à *Pucará* par différents procédés plus ou moins imparfaits. Les galènes mélangées de blende sont grillées et soumises à l'amalgamation ; les minerais cuivreux sont amalgamés suivant la méthode mexicaine sans grillage préalable ; les galènes pures ou accompagnées de pyrite sont traitées, seulement pour en extraire l'argent, par une méthode excessivement simple dont le principal mérite est de produire l'argent dans une seule opération. C'est une fonte

dans des espèces de fours à réverbères construits avec des briques non cuites et de la terre grossièrement délayée; la quantité de minerai traitée dans une seule opération est variable, car il s'agit toujours d'une petite partie de minerai que l'indien, qui l'a extraite pour son propre compte, vient ensuite fondre lui-même dans l'usine, à la condition de rendre au propriétaire l'argent qu'il retire, à un prix convenu d'avance, et qui est en général celui de 150 francs par kilogramme; la charge varie donc de 20 à 40 quintaux de 30 kilogrammes, et l'opération est toujours terminée au bout de trente-six heures. Le seul combustible qu'on emploie pendant toute sa durée est la fiente de moutons ou de lamas, que les Indiens vont ramasser dans les montagnes.

La galène grossièrement concassée est soumise d'abord à un feu de grillage à une température peu élevée : au bout de trois ou quatre heures, on augmente le feu, et pour cela un aide jètte continuellement la fiente de moutons par poignées dans la chauffe. On porte ainsi la masse au rouge clair, et, lorsque la fusion est complète, on obtient une scorie plombeuse très-abondante et fort riche en plomb, qui surnage le plomb d'œuvre. On enlève cette scorie en la poussant avec des pelles en fer vers la porte du fourneau, et c'est alors que commence la coupellation. Pendant toute sa durée le chauffeur maintient le fourneau au rouge obscur, tandis que le fondeur promène sur la surface du bain une large pelle plate en fer à laquelle s'attache la litharge pâteuse qui ne cesse de se produire : de temps en temps il retire cette pelle et la secoue sur le bord du fourneau pour faire tomber la litharge. Au bout de huit ou dix heures, la coupellation est terminée, et

il reste sur la sole un gâteau d'argent fort irrégulier, au titre minimum de 0,950. La litharge est perdue ou sert quelquefois comme fondant dans une autre opération. Ce procédé, en apparence si simple, puisque tous les ouvriers mineurs de la localité savent s'en servir et qu'il n'exige que des fourneaux grossièrement construits et un combustible sans énergie, nécessite cependant une grande habitude, et les fondeurs anglais employés dans l'usine de *Morococha* n'ont jamais pu parvenir à le mettre en pratique.

Je ne crois pas sans intérêt de signaler ici un fait métallurgique fort curieux que j'ai eu occasion d'observer pendant mon séjour à *Pucará*. On était en train de démolir un petit fourneau à réverbère qui servait depuis un an à la refonte de l'argent de coupelle et au raffinage de l'argent d'amalgamation. La cheminée était construite avec des fragments de quartzite blanc que la chaleur avait rendu très-friable, et elle était tapissée intérieurement jusqu'en haut de petits globules d'argent métalliques, dont l'agglomération en gouttes de la grosseur d'un pois avait fini par former une couche de près de $0^{m},005$ d'épaisseur.

À une lieue de distance de *Pucará*, vers le nord-ouest, les couches de grès blanc sont verticales et l'une d'entre elles, d'une épaisseur de 5 à 6 mètres, est imprégnée de cinabre de manière à offrir une teneur moyenne de 0,0025 à 0,003 de mercure. La gangue est un grès blanchâtre à grain très-fin, qui se partage de lui-même en fragments irréguliers d'un petit volume, et c'est seulement dans ces interstices naturels que se trouve le cinabre qui forme ainsi des couches excessivement minces à la surface de la pierre sans pénétrer aucunement à l'intérieur. C'est la première fois que

Gisement de Cinabre.

nous rencontrons le minerai de mercure : nous le retrouvons bientôt à *Huancavelica* dans des conditions géologiques absolument semblables, c'est-à-dire dans des grès qui paraissent appartenir au terrain houiller, et qui en forment la partie supérieure.

Mines de Yauli.

A quatre lieues au sud-ouest de *Pucará* se trouve, à une élévation que M. de Rivera fixe à 4 160 mètres, la petite ville de *Yauli*, dans les environs de laquelle on exploite un grand nombre de filons argentifères dont quelques-uns, à en juger par les échantillons qui m'ont été remis, sont fort riches en argent natif et en sulfure d'argent. Comme il entrait dans mes instructions de me rendre promptement à *Huancavelica*, je n'ai pu visiter complétement le district de Yauli, dont l'usine et les mines de *Pucara* forment une annexe assez importante.

Usine de Pachachaca.

A deux lieues de *Pucará*, en continuant à s'éloigner de la Cordillère, on trouve l'usine de *Pachachaca*, où le propriétaire de *Pucará* fait élever des fourneaux à manche destinés à fondre, après un grillage préalable, les minerais plombeux si abondants dont j'ai déjà parlé, avec des minerais d'argent difficiles à amalgamer. Ces fourneaux doivent être alimentés par du coke préparé avec une houille grasse d'excellente qualité qui provient d'une mine distante de 4 ou 5 lieues, exploitée dans un grès jaune, à grain fin, semblable à celui de *Pucará*.

Vallée et rivière de la Oroya.

L'usine de *Pachachaca* est située au fond d'une petite vallée où coule la rivière de la *Oroya*, qui réunit toutes les eaux de la Cordillère sur une longueur de 15 à 20 lieues au nord et au sud de *Yauli*. Elle décrit une foule de sinuosités et finit par aboutir à la vallée de *Jauja*, dont nous parlerons tout à l'heure.

En continuant à descendre la vallée, à partir de *Pachachaca*, on retrouve sur les deux versants les mêmes couches puissantes de quartzite et de grès houiller, reposant sur des assises énormes de poudingues rougeâtres et de conglomérats. On peut suivre les affleurements de ces couches sur une très-grande longueur et on les retrouve, mais à des niveaux différents, en passant d'une montagne à l'autre; ils sont horizontaux ou peu inclinés, parce qu'ils se présentent suivant la direction des couches; celles-ci, au contraire, inclinent dans un sens opposé sur chacun des deux versants de la vallée. De temps en temps, la régularité de cette allure est dérangée par des failles. Souvent aussi le grès houiller manque (il est facile à reconnaître à sa couleur jaunâtre), et le quartzite repose immédiatement sur des conglomérats.

De temps en temps l'alluvion moderne de la vallée, et quelquefois les parties inférieures du terrain secondaire, sont recouvertes par une concrétion calcaire plus ou moins poreuse et qui atteint jusqu'à 10 et 12 mètres d'épaisseur. Cette concrétion est produite par des eaux d'une extrême limpidité, qui sortent du pied des montagnes, et s'étendent sur une vaste superficie. Suivant la saison, les eaux couvrent toute la couche calcaire ou forment seulement des petites nappes irrégulières qui en suivent les ondulations descendantes. Ce qu'il y a de plus remarquable dans ces dépôts concrétionnés c'est que je n'ai pu constater nulle part dans les environs la présence des couches calcaires auxquelles les eaux pourraient emprunter le carbonate de chaux qu'elles abandonnent en si grande quantité. Aux points où elles viennent se déverser dans la rivière, souvent très-encaissée, elles produisent d'énormes stalactites dont les formes sont quelquefois très-bizarres. Enfin, c'est à ces

Dépôt calcaire contemporain.

concrétions superficielles qu'est due la disparition momentanée de la rivière de la Oroya, qui pénètre avec fracas parmi d'énormes roches éboulées de poudingue, s'enfonce sous le dépôt calcaire et reparaît 300 mètres plus bas sans aucun bruit, comme pourrait le faire une source abondante. La route passe sur ce pont naturel.

Un peu avant d'arriver au village de *la Oroya*, distant de cinq lieues de *Pucará*, la vallée se rétrécit beaucoup, et la disposition régulière des couches cesse entièrement de se manifester. La nature des roches est la même, et, bien que ce point paraisse avoir été un centre de bouleversement et forme la partie culminante d'un contre-fort de la Cordillère, on ne trouve aucune trace de métamorphisme; seulement les couches sont excessivement contournées et le plus souvent tout à fait verticales. A peu de distance du village, j'ai rencontré, dans le poudingue qui forme la base de la montagne, un filon puissant de galène que les habitants n'ont pas encore cherché à exploiter.

Fossiles dans le grès.

En quittant *la Oroya* on gravit une côte assez roide, d'abord sur des poudingues, puis sur un grès jaune tout à fait analogue au grès houiller de Pucará. Au sommet de la côte, au milieu d'un très-grand nombre de fragments de ce grès épars sur le sol, j'ai trouvé deux empreintes d'*ammonites* qui appartiennent, d'après M. Bayle, au terrain jurassique.

Pampa de la Oroya.

Après avoir franchi ce premier contre-fort de la Cordillère occidentale, on descend pendant près de deux lieues, et on arrive à un grand plateau légèrement ondulé et sillonné par quelques chaînons accessoires de peu d'élévation. Il est connu sous le nom de *Pampa* (plaine) *de la Oroya*. Sur toute l'étendue du plateau, qui n'a pas moins de neuf à dix lieues de longueur, la nature des roches est à peu près constamment la même;

ce sont des quartzites, le plus souvent tout à fait compacts et analogues à des schistes argileux endurcis, et des grès jaunes qui pourraient produire d'excellentes pierres à aiguiser, mais les grès ne sont plus pour ainsi dire qu'accidentels et les quartzites dominent : leur couleur est généralement le blanc tirant sur le gris. Du reste, rien de semblable à la disposition régulière du terrain dans la petite vallée de *la Oroya*, et, bien que les chaînes de montagnes qui s'étendent au-dessus du plateau soient peu élevées et n'offrent pas d'escarpements très-abruptes, les couches qui les composent sont soulevées et contournées dans toutes les directions : quelquefois elles sont tout à fait verticales ; souvent aussi, elles sont contournées de telle sorte que leurs affleurements dessinent sur la croupe des montagnes les courbes les plus irrégulières et les plus variées. Il semblerait que cette région a dû être pressée latéralement dans tous les sens par les masses éruptives ; rien ne se répète ni ne se correspond d'une montagne à celle qui la suit ou qui se trouve en face. Les couches sont beaucoup moins puissantes que celles de quartzite grenu, de grès houiller et de poudingue des environs de *Pucará*, qui atteignent jusqu'à 80 ou 100 mètres d'épaisseur : elles n'ont plus que de 3 mètres à $0^{m},25$ de puissance et produisent, surtout vues d'une certaine distance, des affleurements parfaitement distincts. La nature de toutes ces couches superposées, dont le nombre est très-considérable, reste à peu près constamment la même, sauf les cas assez rares où vient s'intercaler une couche de grès ; leur dureté est très-grande, surtout au centre de la couche, et la roche qui les constitue se divise d'une manière assez faciles parallèlement aux plans de stratification. Un fait à noter c'est que l'épaisseur des plaques produite par ce clivage na-

turel est en relation directe avec la puissance de la couche à laquelle elles appartiennent, de telle sorte que les plus épaisses proviennent des couches les plus puissantes, et réciproquement. On trouve très-fréquemment à la surface des couches et dans les cavités de la roche des géodes irrégulières de quartz hyalin cristallisé, d'aspect laiteux et d'une couleur blanche tirant un peu sur le bleu.

Quatre ou cinq lieues avant d'arriver à *Jauja* on aperçoit à l'horizon les sommets couverts de neige de la chaîne orientale des Cordillères, qui se dirige parallèlement à la chaîne occidentale.

Terrain tertiaire. A une lieue de *Jauja*, le terrain soulevé que, pour plus de simplicité, j'appellerai dorénavant, et sans rien préjuger, terrain secondaire, disparaît sous un terrain de sédiment d'une très-grande puissance qui forme des collines élevées au pied desquelles est située la vallée de *Jauja* où nous allons entrer. Les eaux ont creusé dans ce terrain de profondes ravines qui permettent de constater combien peu sa composition est homogène. Des couches de sable jaune, d'argile rougeâtre, de cailloux roulés empâtés dans de l'argile ou du sable, alternent sans aucune régularité, en même temps qu'elles inclinent dans tous les sens sans affecter une direction générale. Ce terrain, dont la puissance moyenne est de 200 à 300 mètres repose à l'ouest sur les couches de quartzites du plateau de *la Oroya* et s'enfonce du côté de l'est sous l'alluvion encore plus moderne de la vallée de *Jauja*. Du reste, il forme aussi des collines assez élevées de l'autre côté de la vallée. J'ai de la peine à me rendre compte des circonstances qui ont présidé à sa formation, car si d'un côté il est évidemment postérieur au soulèvement, de l'autre il n'est pas douteux qu'il soit antérieur à la période pendant

laquelle s'est déposée la grande alluvion qui remplit la vallée de *Jauja*.

Vallée de Jauja.

La vallée de *Jauja* forme, sans aucun doute, le fond d'un grand lac de huit à dix lieues de long sur trois ou quatre de large, qui a servi pendant longtemps de réservoir aux eaux descendant de toutes les montagnes comprises entre les deux grandes chaînes de la Cordillère, depuis le *Cerro de Pasco* jusqu'à l'extrémité méridionale de la vallée, à dix lieues au sud de *Jauja*. Le trop-plein du lac se déversait par un ravin étroit d'une grande profondeur, par où s'écoulent encore aujourd'hui les eaux de la rivière de *Jauja* qui descend depuis le lac de *Junin*, à quelques lieues au sud de la ville de *Pasco*, et s'augmente, un peu au-dessous de *Jauja*, du *Rio de la Oroya* dont nous avons déjà parlé.

A l'est et à l'ouest la vallée se termine aux premiers échelons des deux Cordillères, au nord elle est bornée par un chaînon transversal et au sud par un second chaînon qui va d'une chaîne à l'autre, interrompu seulement par un étroit défilé qui livre passage à la rivière de *Jauja*.

L'alluvion puissante qui remplit le fond de la vallée appartient donc à un bassin tout à fait isolé, bien défini, qui se trouve encore dans la situation où il a été déposé par les eaux, postérieurement à la grande révolution terrestre qui a soulevé les Cordillères. Elle est coupée fréquemment par des ravins d'une assez grande profondeur, produits par les torrents qui pendant la saison des pluies descendent avec impétuosité des montagnes voisines. Partout elle se compose de couches puissantes et sensiblement horizontales de cailloux roulés empâtés dans une terre argileuse mélangée de sable grossier. Accidentellement, on y trouve quelques

couches peu puissantes et sans continuité d'un calcaire concrétionné tout à fait analogue à celui de la vallée de *la Oroya*, et qui fournit une chaux grasse d'assez bonne qualité. Quelquefois ce calcaire est très-poreux, stalactiforme. ramifié, tandis que sur d'autres points il est très-compact et assez analogue au calcaire grossier des environs de Paris. Le terrain secondaire du côté de l'est change de nature et présente des traces de métamorphisme : il se compose de schistes argileux fréquemment mélangés de mica en très-petites lamelles, de grès et de porphyres rouges à la partie supérieure. La *fig.* 1, Pl. I, donne une coupe de la vallée de Jauja, prise vers le milieu où elle a près de quatre lieues de large.

Terrain secondaire.

En sortant de la vallée de *Jauja* pour rentrer dans les montagnes, on se retrouve sur les mêmes couches de quartzites de la *Pampa de la Oroya*; seulement de temps en temps il s'y intercale des assises très-puissantes de conglomérats composés de fragments irréguliers de quartzites reliés par un ciment siliceux et quelquefois par un ciment calcaire. Un peu après le petit village de *Naguimpuquio* on gravit une côte escarpée de 4 à 500 mètres de hauteur et l'on se trouve, après l'avoir franchie, dans le ravin profond au fond duquel passe la rivière de *Jauja* qui porte déjà le nom de rivière d'*Iscuchaca*. La route suit le versant du ravin, sur la rive gauche de la rivière, jusqu'à la petite ville d'*Iscuchaca* où l'on passe sur la rive droite au moyen d'un pont en pierres de taille, d'une seule arche et d'une construction très-hardie.

Tout le terrain depuis *Naguimpuquio* se compose de couches contournées et relevées de quartzites semblables à ceux de la *Oroya*, de conglomérats dont les fragments empotés sont généralement très-volumineux, de grès jaunes et de grès rougeâtres, et enfin, à peu de

distance d'*Iscuchaca*, de calcaires siliceux relevés jusqu'à la perpendiculaire. Quelquefois, les quartzites passent à un schiste argileux qui produit un détritus rougeâtre ; alors, les couches sont souvent désagrégées jusqu'à une très-grande profondeur et les eaux de pluie qui forment, pendant chaque orage, des torrents rapides y creusent des ravins très-encaissés. Souvent les assises du quartzite et du calcaire siliceux sont fendillées dans tous les sens et les fentes sont remplies par du quartz concrétionné d'un blanc laiteux qui présentent quelquefois de petites géodes tapissées intérieurement de quartz hyalin en pyramides à six faces.

La ville d'*Iscuchaca*, d'après M. de Rivero, est élevée de 3.080 mètres au-dessus du niveau de la mer; d'un autre côté le village de la *Oroya* a une élévation de 3.740 mètres. Or, la rivière de la *Oroya* vient se jeter dans celle de *Jauja* et celle-ci passe, avec toutes les eaux de la vallée du même nom, sous le pont d'*Iscuchaca*. Il en résulte que la hauteur moyenne de la vallée de *Jauja* serait à peu près de 3.400 mètres. Je cite ce fait parceque l'on cultive, à une élévation déjà si considérable, le blé et le maïs et que l'aloës y croît naturellement et acquiert un développement suffisant pour servir de clôture aux terrains ensemencés.

Concrétions calcaires.

Un peu avant *Iscuchaca*, sur la rive droite de la rivière, une source, qui descend sur un escarpement assez roide, produit un vaste rideau de concrétions calcaires mamelonnées tout à fait semblables par leur aspect et par leur âge à celles de la vallée de *Sucará*. Elles se terminent à dix ou douze mètres au-dessus du niveau de l'eau en stalactites de formes bizarres qui surplombent le lit de la rivière; dans quelques points de petites lianes ont évidemment été enveloppées par

le dépôt, ce qui lui donne l'apparence d'une im mense chevelure qui tombe en désordre jusque dan l'eau·

Roches ignées.

En sortant d'*Iscuchaca*, on a en face de soi, sur l rive gauche, des montagnes constituées par des couche relevées et contournées de calcaire siliceux, tandis qu l'on trouve sur la rive droite des masses énormes d'u granite porphyroïde non stratifié, de couleur générale ment rougeâtre, et passant de loin en loin au granit pur. Cette roche est remarquable parce qu'elle contien une grande quantité de fragments empâtés, porphyri ques et granitiques, qui font corps avec elle, mais qu sont d'une couleur beaucoup plus foncée que le ciment Après avoir suivi pendant une demi-lieue le fond du ravin, la route se détourne brusquement sur la droite et l'on commence à gravir une côte excessivement roide bientôt le granite passe au porphyre rouge bien défini, mais dans lequel on ne trouve pas encore de traces de stratification. Un peu plus haut un banc de peu d'étendue

Banc de gypse.

de chaux sulfatée anhydre fibreuse se trouve enclavé dans les porphyres, et vers le sommet de la côte on retrouve le terrain stratifié composé d'assises de quartzites

Terrain secondaire.

et de calcaire siliceux. Enfin, tout à fait au sommet de la côte et au commencement d'un plateau de peu d'étendue sur lequel se trouve placé le petit village de

Terrain de transport.

Huando on rencontre un terrain de transport composé uniquement de cailloux roulés de moyenne grosseur, mêlés avec de la terre et un sable grossier sans consistance. Ce dépôt qui recouvre les abords et une partie du plateau est remarquable à cause de la position qu'il occupe, et il est difficile de s'expliquer comment ces cailloux roulés ont été formés et transportés par les eaux à une hauteur aussi considérable et au point culminant d'une montagne.

Formation d'apparence trachytique.

Un peu avant d'arriver à *Huando* on se trouve sur une roche dont la nature est difficilement définissable et qui forme des assises puissantes reposant sur le porphyre rouge. Elle est facile à désagréger, poreuse et rude au toucher, sa structure est terreuse, sa couleur gris de cendres, et elle empâte des petits noyaux irréguliers dont les uns ressemblent à du feldspath vitreux à demi-décomposé, et les autres, d'une couleur presque noire, à de l'amphibole compacte; en un mot, elle présente toutes les apparences du trachyte, bien qu'il soit assez difficile d'admettre la présence de cette roche d'origine volcanique aussi loin des volcans éteints ou en activité; car le volcan le plus rapproché est celui d'*Arequipa* dont la distance en ligne directe est d'environ 123 lieues. Quoi qu'il en soit, ce terrain se retrouve à plus d'une lieue de distance, au sommet des montagnes, de l'autre côté d'un ravin qui limite le plateau de Huando et va rejoindre la rivière d'*Iscuchaca*; il y forme aussi des assises puissantes qui offrent à la partie supérieure des masses considérables, irrégulières, isolées les unes des autres, terminées par des escarpements et des murailles perpendiculaires et qui de loin ressemblent assez bien à des dents colossales qui sortent du sommet de la montagne, ou mieux encore à d'immenses monuments druidiques.

Porphyres rouges.

A une lieue au delà de *Huando*, en suivant toujours, comme nous l'avons fait jusqu'à présent, la route directe de *Lima* à *Huancavelica*, on se retrouve sur les porphyres rouges de la côte d'*Iscuchaca* pour ne plus les quitter qu'après avoir franchi celle de Huancavelica. Ils se présentent avec des apparences très-variées; le plus souvent ils n'offrent aucune trace de stratification; quelquefois ils passent à une roche terreuse, d'un rouge brun, avec des indices de stratification : sans cesser de

de plus de 300 lieues, du cinabre, non pas sous la forme de filon, mais injecté, à l'état compact ou terreux, dans les couches de grès et d'argile. Peut-être ce terrain avait-il, avant le soulèvement, une continuité absolue, abstraction faite des changements de composition qu'il devait présenter sur une aussi grande étendue; cela est même assez probable : mais alors il ne contenait certainement pas de cinabre. Celui-ci a dû apparaître, à l'état de vapeurs, pendant ou après le soulèvement qui a relevé jusqu'à la verticale les couches où on le rencontre, tandis que les lambeaux du terrain jurassique, brisé et repoussé dans tous les sens, s'écartaient les uns des autres ou éprouvaient, au contact des roches éruptives en fusion, un métamorphisme plus ou moins complet et se transformaient en porphyres bigarrés dans lesquels on ne retrouve plus ni fossiles ni aucunes traces de l'origine, de l'âge et la nature des couches qui les ont produits.

Ce qu'il y a de remarquable, en dernière analyse, dans les faits que je viens d'indiquer, c'est l'identité géologique de tous les gisements de mercure du Pérou, leur situation sur le versant oriental de la première chaîne des Cordillères et l'âge des couches qui les composent, lesquelles correspondent très-probablement aux assises supérieures du terrain jurassique. Ajoutons que, de même qu'à *Pucará*, où l'assise de grès blanc imprégné de cinabre est supérieure à des assises très-puissantes de grès carbonifère et fait partie de la même formation, dans la province de *Huancavelica* nous aurons occasion de constater la présence d'une couche de charbon très-bitumineux dans une mine de mercure.

Les mines que j'ai eu occasion de visiter sont au nombre de trois : la mine de la *Ventanilla*, à 3 lieues vers le sud de *Huancavelica*; celle de *Santa Bárbara*,

la plus importante de toutes, et dont la découverte et l'exploitation ont été la cause de l'accroissement de la ville de *Huancavelica*, qui n'était dans l'origine qu'un petit village d'Indiens, et enfin la mine, aujourd'hui à peu près abandonnée, de *Quirarquichiqui*, à 2 lieues vers le nord de *Huancavelica*. Avant d'entrer dans les détails relatifs à ces mines, il est nécessaire d'étudier la constitution géologique de la vallée de *Huancavelica* et des montagnes environnantes.

Vallée de Huancavelica.

La ville de *Huancavelica* est élevée, d'après Ulloa, de 3.810 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elle est située au fond d'une vallée étroite et profondément encaissée qui remonte à l'ouest jusqu'à la Cordillère et descend à l'est vers la vallée d'*Iscuchaca*, dans laquelle elle aboutit à quelques lieues au-dessous de cette ville. A droite et à gauche, elle est bordée par les couches relevées du terrain stratifié secondaire, qui donnent lieu à des escarpements perpendiculaires de plus de 300 mètres de hauteur. Le fond de la vallée, dans les endroits où elle s'élargit un peu, est rempli par une alluvion moderne composée de cailloux roulés, mélangés de terre argileuse et de sable. Enfin, on y remarque un grand nombre de sources calcaires comme celles de la vallée de *Pucará* et d'*Iscuchaca* et des dépôts de calcaire concrétionnés plus ou moins étendus.

Concrétions calcaires.

Ils remplissent presque toute la vallée depuis le pont de *Huancavelica* jusqu'à une lieue au-dessous de la ville, et, tout en se produisant encore aujourd'hui, ils doivent avoir une origine assez ancienne, car ils forment des assises de plusieurs mètres de puissance qui sont brisées et évidemment denivelées sur plusieurs points, comme si elles avaient participé aux dislocations du sol. Le calcaire qui les constitue est coloré en jaune par une certaine quantité d'hydrate de fer, et quelques-

unes des sources des environs sont légèrement ferrug neuses et d'une température de 30 à 35 degrés centi grades. A une lieue de la ville, en remontant la vallée on trouve une source dont la température n'est que d 15 à 20 degrés; elle ne produit pas de concrétion calcaire, mais elle laisse déposer beaucoup d'hydrate de fer et colore en jaune foncé toutes les roches sur lesquelles elle coule. Enfin, à une demi-lieue au-dessous de la ville, la rivière, profondément encaissée dans un ravin de 4 à 5 mètres de section sur 8 ou 10 de profondeur, disparaît sous une couche de calcaire concrétionné de 2 mètres d'épaisseur, qui réunit les deux rives et forme un pont naturel sur lequel passe la route.

Le terrain secondaire des environs de *Huancavelica* se compose de couches alternantes de calcaire compacte d'un gris tirant sur le noir avec d'innombrables veinules blanches de carbonate de chaux lamellaire et cristallisé, de grès quartzeux assez grossier, jaunâtre et quelquefois tout à fait blanc, d'argile schisteuse grise ou presque noire et enfin de conglomérats calcaires en assises de 15 et 20 mètres de puissance. Toutes ces couches sont relevées jusqu'à la verticale et offrent, sur une longueur de plus d'une lieue et demie, la disposition représentée par la *fig.* 2. Celles dans lesquelles est située la grande exploitation de *Santa Bárbara* ont une puissance moyenne d'environ 100 mètres. A une époque déjà très-reculée, l'intendant de Huancavelica fit commencer une galerie de recherche qui devait servir en même temps à l'écoulement des eaux et à l'aérage de la mine, lorsqu'elle serait en communication avec les travaux. Elle ne devait pas avoir moins de 800 mètres de développement horizontal. De ce côté la couche mercurielle se trouvait stérile

et la galerie fut abandonnée, par suite du manque d'air, à 150 mètres de profondeur à peu près. La même disposition se retrouve de l'autre côté de la vallée sur la rive gauche; les couches, que les mineurs du pays appellent le *farellon*, y forment la crête et l'axe d'une chaîne parallèle à la Cordillère, mais elles ne contiennent pas de mercure, et l'on ne retrouve ce métal qu'à deux lieues vers le nord, dans la mine de *Quirarquichiqui*. La composition des autres montagnes est analogue : ce sont des couches alternantes de calcaires, de conglomérats et de grès.

Un peu au-dessus de *Huancavelica*, au pied d'une montagne coupée à peu près à pic, on trouve d'énormes blocs à demi enfouis dans le terrain de transport déposé par la rivière, composés de grenat compact empâtant des cristaux dodécaèdres de grenats verdâtres qui appartiennent à la variété désignée sous le nom de colophonite, de la chaux carbonatée lamellaire, un peu de pyrite de fer disséminée et quelques paillettes de fer micacé. Quelquefois la couleur de la roche tire sur le jaune, elle devient friable, presque terreuse dans la cassure, et elle ne se compose plus que d'une pâte de grenats, en partie décomposée, et qui cependant offre encore dans les géodes quelques faces de dodécaèdres qui n'ont plus de brillant. Enfin, on trouve au pied de la même montagne des fragments d'une roche poreuse, friable, composée d'hydrate de peroxyde de fer au milieu duquel sont emprisonnés quelques cristaux isolés de pyrite de fer. Le volume considérable des blocs de grenat compact ne permet pas de supposer qu'ils appartiennent à un filon et il faut admettre qu'ils proviennent du sommet de la montagne, lequel est tout à fait inaccessible. Ils y forment sans doute, conjointement aux blocs d'hy- Roches de grenats.



drate de fer, un amas fort étendu duquel se sont déta-chés les blocs très-nombreux qu'on trouve au pied de l'escarpement.

La même circonstance se représente en face, de l'autre côté de la vallée; le versant de la montagne est couvert de blocs semblables, mais seulement moins volumineux et il faut aussi qu'ils proviennent du sommet, car la base est exclusivement composée de couches de grès jaune, d'argile et de calcaire.

Filons argentifères.

Au pied de cette montagne, à 100 mètres à peu près au-dessus du fond de la vallée, dans une argile très-douce au toucher, j'ai observé deux filons anciennement exploités. Le minerai se compose d'un mélange de pyrite, d'oxyde de fer, de cuivre gris en petite quantité, de silicate et de carbonate de cuivre. Les échantillons que j'ai essayés à mon retour à Lima m'ont donné entre 0,005 et 0,006 d'argent. Ces filons sont du reste peu importants, et la province de *Huancavelica* en renferme une infinité d'autres qui tous contiennent plus ou moins d'argent à l'état de sulfure, d'argent natif filiforme et d'argent rouge ou combiné avec la galène, la pyrite de fer, le cuivre gris, etc. Beaucoup d'entre eux ont donné lieu, avant les guerres de l'indépendance, à des travaux plus ou moins étendus, mais qui sont aujourd'hui presque tous abandonnés par suite du manque de bras et surtout de l'absence des capitaux nécessaires.

Je crois inutile de pousser plus loin cet examen général du gisement mercuriel; pour en donner une idée complète, il faudrait présenter une carte géologique de la province de *Huancavelica*, et j'ai déjà parlé des difficultés que présenterait un travail semblable dans un pays prodigieusement accidenté. Je vais maintenant

entrer dans quelques détails relatifs aux mines de mercure en exploitation.

La plus importante de toutes est la mine de *Santa-Bárbara*, que les habitants du pays appellent plus communément *la mina grande*. L'époque de sa découverte n'est constatée par aucun document officiel, mais l'opinion la plus commune est qu'elle a été reconnue et exploitée vers l'année 1566. Dès le principe, le gouvernement espagnol s'en attribua la propriété et elle fut successivement exploitée pour son compte et par des agents à lui, ou affermée à des particuliers. Mine de Santa Barbara.

Ce dernier système eut des conséquences déplorables ; les fermiers, intéressés à produire le plus possible, négligèrent les précautions indispensables à la sûreté de la mine, et il en résulta par la suite des éboulements épouvantables qui ont perdu la partie supérieure de l'exploitation où se trouvait précisément le minerai le plus riche.

Depuis la proclamation de l'indépendance du Pérou, la mine a été considérée comme une propriété nationale et aujourd'hui elle est affermée, moyennant la redevance insignifiante de 1000 piastres annuelles, à une société qui l'exploite pour son compte. Cependant, comme nous le verrons un peu plus tard, sa production atteint encore, année moyenne, le chiffre de 1000 quintaux du pays de 46 kil. chaque.

La hauteur de la mine au-dessus du niveau de la mer est fixée par Ulloa à 4.576 mètres, ce qui fait plus de 850 mètres au-dessus de Huancavelica, mais ce chiffre est évidemment exagéré, si l'on réfléchit que, malgré les détours du chemin, il ne faut pas une heure pour se rendre de la ville au point le plus élevé des travaux. Mon opinion personnelle est que la différence de niveau ne doit pas dépasser 400 mètres.



Le gisement se compose, ainsi que nous l'avons inc qué plus haut, d'une succession de couches de grès et d'a gile, sensiblement verticales, de 100 mètres d'épaisse moyenne, enclavées dans des couches de grès, de po dingues et de brèches, de calcaires et d'argiles, do l'ensemble incline vers l'ouest. L'exploitation qui du presque sans interruption depuis près de trois siècles qui, à de certaines époques, a été très-active, a nécessa rement donné lieu à des travaux fort étendus et de plu fort irréguliers, si l'on tient compte de cette circon stance que la plupart des directeurs nommés par l gouvernement espagnol manquaient de connaissance spéciales; qu'il était dans leur intérêt de produire le plu possible et qu'enfin ils s'entendaient souvent avec le intendants de la province pour ordonner des travau inutiles, mais dont l'importance rendait plus faciles e surtout plus considérables les vols qui se sont toujours commis lorsque la mine a été administrée au nom et aux frais du roi d'Espagne.

C'est en effet ce qui est arrivé, et après avoir employé quatre jours à visiter la mine, après y être entré à huit reprises différentes et y avoir séjourné chaque fois trois ou quatre heures, je n'ai guère parcouru que la moitié des travaux et je n'ai pu prendre de la correspondance des différents champs d'exploitation qu'une idée fort incomplète.

Le développement horizontal des travaux, dans le sens de la direction des couches est de 500 mètres; dans le sens de la puissance des couches, il est de 104 mètres à la partie supérieure de l'exploitation vers le sommet de la montagne et de 60 mètres dans la profondeur moyenne. Quant à la profondeur totale, je ne puis en donner qu'une évaluation approximative, et je crois être assez près de la vérité en la fixant à 350 mètres

depuis la porte de Charles III, qui se trouve au point le plus élevé, jusqu'aux ateliers de Saint-Jean-Népomucène, qui sont abandonnés aujourd'hui à cause de l'appauvrissement du minerai.

Je ne puis entreprendre ici la description complète de la mine; en l'absence d'un plan exact des travaux, elle serait difficilement compréhensible et n'offrirait aucun intérêt: je me bornerai à dire que l'ensemble des ateliers, en dehors des parties éboulées, dont je parlerai tout à l'heure, ressemble assez bien à ce qui se produirait si les carrières de Montmartre étaient exploitées à divers étages, et présente par conséquent de vastes excavations irrégulières, soutenues par des piliers isolés en maçonnerie très-solide ou le plus souvent pratiqués dans le grès lui-même qu'on respecte, mais que par malheur on n'a pas toujours assez respecté. La roche de grès qui forme le toit de ces excavations est loin de présenter une grande solidité; il y existe de nombreuses fissures naturelles et il s'en détache fréquemment des fragments d'un assez gros volume qui tuent ou blessent les ouvriers. Le grès, dans lequel toutes ces excavations sont pratiquées, change fréquemment d'aspect, de dureté de couleur et de grain. Quelquefois il fait une légère effervescence avec les acides, le plus souvent il est exclusivement siliceux, d'autres fois aussi il est mélangé d'un peu de ciment argileux. Il est presque partout imprégné de cinabre, mais avec une extrême irrégularité, de telle sorte que certains piliers qui subsistent encore dans les travaux supérieurs, et que l'on ne saurait enlever sans compromettre la sécurité de toute la mine, contiennent jusqu'à 2 et 3 p. 100, et plus de mercure métallique, tandis que dans la profondeur ils ne donnent plus qu'un ou deux millièmes, excepté dans quelques points, qu'on rencontre tous les

partie supérieure de l'exploitation désignée sous le nom de *Brocal* et augmenta considérablement la production du mercure.

Toute la partie remplie par l'éboulement se compose d'un mélange de petits fragments de grès et d'argile. On y a pénétré à diverses reprises par des galeries boisées ou muraillées, et encore aujourd'hui on y conserve quelques ateliers et l'on porte aux fourneaux tout ce qui en est extrait. La teneur moyenne de ces déblais est de 3 à 4 millièmes, et l'on juge approximativement de leur richesse en lavant l'argile dans un petit plat de bois sur lequel reste après le lavage une certaine quantité de cinabre en poudre. Lorsque la teneur n'atteint pas 3 1/2 millièmes, on abandonne l'atelier et on pousse une galerie de recherche à travers les déblais jusqu'à ce qu'on en ait rencontré de suffisamment riches. Ces déblais sont partout imprégnés de sulfates d'alumine et de protoxyde de fer qui communiquent à l'argile assez de cohésion pour que la masse se soutienne assez bien quand elle est sèche et que les sels sont à l'état solide; aussi on y pratique d'assez vastes excavations que rien ne supporte, mais on agit fort imprudemment car, aussitôt que des filtrations amènent un peu d'humidité, les sels se dissolvent, l'argile perd sa cohésion et devient très-ébouleuse, de telle sorte que dans certaines galeries boisées qui servent de communication entre les différents ateliers, la poussée du terrain est telle que les pieds droits s'infléchissent et vont même jusqu'à se rompre. La présence des sels que je viens d'indiquer et les alternatives d'humidité et de sécheresse déterminent souvent la formation de croûtes salines d'un vert pâle, semi-transparentes, composées en grande partie de sulfate de protoxyde de fer et de nombreuses efflorescences de sulfate d'alumine, blanches, longues de 40 à 50 cen-

timètres, d'un aspect soyeux et tout à fait analogues à des houppes de verre étiré.

Le travail le plus remarquable de la grande mine de *Santa-Bárbara* consiste dans une galerie d'écoulement et d'aérage de plus de 600 mètres de long sur 3 à 4 de large et, dans certains points, plus de 4 de hauteur : elle est connue des mineurs sous le nom de *Socabon de Belen*. Commencée en 1601, suivant les uns, et en 1617, suivant d'autres, elle fut achevée le 15 avril 1642 et coûta plus d'un million de piastres (5.000.000 de francs). Cette galerie n'est boisée ou maçonnée que dans les parties où elle traverse des terrains argileux. Elle donne la coupe suivante, en partant du point où elle rejoint les travaux de la mine :

1° Couches puissantes d'argile endurcie ;
2° Grès siliceux ;
3° Argile brune endurcie ;
4° Calcaire compact noirâtre avec des veinules de carbonate de chaux cristallisé ;
5° Conglomérats et poudingues à noyaux de grès et de calcaire mélangés, reliés par un ciment calcaire, et traversés par des veinules de spath calcaire ;
6° Couches alternatives de calcaire compact et d'argile ;
7° Brèches et poudingues à noyaux et ciment calcaires et traversés par des veinules de spath calcaire. Ce dernier système de couches a plus de 100 mètres de puissance.

Tout ce terrain traversé par le *Socabon de Belen* est situé à l'ouest des couches de cinabre, du côté de la grande chaîne des Cordillères ; il a une épaisseur totale de plus de 600 mètres.

Au sommet de la montagne, à 50 mètres de la porte de Charles III, vers le nord, la crête des couches mercurielles fait saillie et forme une énorme roche isolée exploitée à ciel ouvert et traversée dans tous les sens

par des excavations irrégulières. Enfin, à peu de distance de la concession de *Santa-Bárbara*, on trouve un assez grand nombre de concessions particulières qui ne sont exploitées que quand la richesse des mines du *Cerro de Pasco* donne lieu à une consommation de mercure assez forte pour porter le prix de ce dernier métal à 90 ou 100 piastres le quintal.

Mine de la Ventanilla.

Cette mine, assez anciennement exploitée, se trouve sur la direction du gisement de *Santa-Bárbara*, à trois lieues et demie au sud de *Huancavelica*. On n'y trouve pas non plus de filon proprement dit, mais bien des amas irréguliers et des veinules disséminées dans la roche. Le grès et les conglomérats calcaires ont disparu et sont remplacés par des couches puissantes de calcaire compact, noir, bitumineux, dont les cavités sont remplies de cristaux limpides de chaux carbonatée. Le cinabre se rencontre dans une argile ferrugineuse jaune; quelquefois elle est imprégnée de bitume et devient presque noire. Certains échantillons très-riches en cinabre contiennent aussi des gouttelettes de mercure natif.

Entre la mine de la *Ventanilla* et celle de *Santa-Bárbara*, j'ai visité une exploitation depuis longtemps abandonnée et à peu près remplie d'eau. A quelques mètres de l'entrée, dans des couches argileuses et calcaires, j'ai remarqué un affleurement de combustible minéral impur, et en rapprochant cette circonstance de celle observée à *Pucará*, où le grès mercuriel se trouve au contact du grès houiller, il me semble à peu près prouvé que les gisements de mercure du Pérou appartiennent aux terrains carbonifères de la formation jurassique.

Mine de [illegible]irarquichiqui.

Cette mine est située à deux lieues au nord de *Huancavelica*, sur le prolongement du gîte mercuriel, dans

des couches de grès calcaire et de calcaire compact : elle est remplie d'eau en grande partie, et n'est exploitée que par deux ou trois Indiens qui travaillent pour leur compte. Dans les tas de déblais rejetés sur le versant de la montagne j'ai trouvé une grande quantité de fragments de grès traversés par des filons de chaux carbonatée lamellaire, et des rognons de la grosseur du poing, composés de dodécaèdres métastiques aigus, accolés les uns aux autres, rayonnant d'un centre commun et dont les sommets isolés affleurent à la surface des rognons.

Il serait superflu de pousser plus loin la description ou la nomenclature des nombreuses mines de mercure de la province de *Huancavelica* : elles se présentent dans des circonstances de gisement tout à fait analogues à celles que je viens d'indiquer, et elles sont pour la plupart abandonnées depuis longtemps. Toutefois, avant de parler du traitement métallurgique des minerais, je dirai quelques mots d'un phénomène fort remarquable et qui est bien connu des habitants de *Huancavelica*, et je discuterai en peu de mots la question relative à l'époque de l'apparition du cinabre dans le grès houiller.

Mercure natif dans le terrain de transport.

Le hasard a fait découvrir plusieurs fois déjà dans l'alluvion de gravier mélangé d'argile sur laquelle la ville est construite, à une profondeur qui varie de 1 à 2 mètres, du mercure natif en assez grande quantité. C'est ainsi qu'en 1850, le vicaire d'une des paroisses recueillit, dans une tranchée contiguë à la ville, jusqu'à 6 quintaux de mercure qui sortait en gouttelettes des parois de la tranchée et venait se rassembler dans des vases d'argile placés tout à fait au fond, ou qui provenait du lavage des terres extraites. En creusant jusqu'à quelques mètres de la tranchée on trouva encore du

mercure, mais au bout d'une quinzaine de jours cette espèce de source s'épuisa tout à fait. La quantité recueillie de cette manière s'éleva à près de 40 quintaux, sans compter ce que les Indiens ont pu voler, et ce qu'ils avaient extrait avant que le vicaire ne fût instruit de cette circonstance. Il y a un siècle et demi le même fait se présenta sur une plus grande échelle dans l'intérieur de la ville et faillit être la cause de sa ruine, car les habitants, persuadés que le sol de *Huancavelica* était partout imprégné de mercure, s'étaient mis à creuser jusque sous les maisons qui menaçaient de s'écrouler.

Il est assez difficile de donner à ce phénomène une explication qui ne soit pas contestable, surtout si l'on tient compte de la facilité avec laquelle le mercure pénètre dans les moindres fissures du sol et des roches, et s'y introduit jusqu'à une grande profondeur; si donc ce métal provenait comme on le croit généralement des fourneaux situés à différentes hauteurs et qui, par leur mauvaise construction, laissent échapper beaucoup de mercure liquide ou sous forme de vapeurs, il serait extraordinaire qu'entraîné par les eaux et par sa pesanteur spécifique considérable il ait pu parvenir aussi loin et descendre aussi bas, et on devrait d'ailleurs en rencontrer sous le même état à différents niveaux dans les montagnes, au milieu de l'argile qui recouvre celles-ci lorsque la pente n'est pas trop rapide.

Introduction du cinabre dans le grès.

Une étude même superficielle des gisements de mercure de la province de *Huancavelica* démontre jusqu'à l'évidence qu'ils n'ont rien de commun avec les filons métalliques proprement dits; les couches du terrain sont imprégnées de cinabre sur une épaisseur qui atteint 100 mètres et tout indique à mon avis que cette substance, si facilement volatile, a dû pénétrer à l'état

de vapeurs dans le grès et l'argile pendant le soulèvement qui a relevé presque jusqu'à la verticale tout l'ensemble du terrain. Cela explique pourquoi le cinabre est plus ou moins concentré dans certains points et forme des veinules irrégulières de cinabre pur, lamellaire et quelquefois en cristaux isolés, et comment on peut rencontrer dans la partie la plus profonde des travaux de *Santa-Bárbara* de nombreuses géodes remplies de sulfate de baryte cristallisés et des filons irréguliers de réalgar massif et cristallin. Enfin des vapeurs sulfureuses et arsenicales réagissant sur l'oxyde de fer contenu dans le grès ont pu donner naissance à la pyrite arsenicale dont il est si fréquemment imprégné. Il est d'ailleurs fort difficile d'admettre que le cinabre se soit déposé en même temps que le grès et l'argile, et l'on comprend encore moins à l'aide de quel véhicule il aurait pu pénétrer, à la manière du carbonate de chaux ou de la silice, dans des couches de sable avant leur transformation en grès. Au contraire l'arrivée du cinabre à l'état de vapeurs et son introduction dans les couches s'accorde parfaitement avec les idées géologiques actuelles. Nous trouvons du reste un fait analogue dans les riches filons de chlorure d'argent du *Cerro de Chañarcillo*, au Chili : presque toujours les couches calcaires traversées par les parties riches du filon sont imprégnées de chlorure d'argent sur une épaisseur de plus d'un mètre, et, au sommet de la montagne, la roche calcaire, partout fendillée et cristalline, constitue un amas énorme que l'on exploite comme les carrières de Montmartre et qui contient dans toute son étendue du chlorure d'argent cristallin qui tapisse les fissures naturelles de la roche.

Le procédé employé à *Huancavelica* pour le traitement des minerais est une imitation très-imparfaite de

Traitement des minerais de mercure.

J'admets que la teneur du minerai doit être à peu près double et que la perte éprouvée par suite du mauvais entretien des fourneaux qui sont fréquemment fendus sur les côtés, de l'imperfection du grillage qui est telle que les couches supérieures restent quelquefois à peu près intactes, et surtout de la condensation incomplète des vapeurs, s'élève à la moitié du mercure contenu dans le minerai. En effet, outre que les aludels sont mal lavés, leur nombre est insuffisant, les conduits sont trop courts et les vapeurs sont encore chaudes lorsqu'elles se répandent dans l'atmosphère; aussi lorsqu'on présente pendant quelques secondes un corps froid, une barre de fer par exemple, à l'orifice du dernier aludel il se couvre immédiatement de petits globules de mercure métallique.

En somme, le procédé est excessivement imparfait, souvent même il donne des résultats négatifs; certaines fournées s'étouffent, ou bien encore le tirage s'établit en sens contraire et les ouvriers sont obligés, pour leur propre sûreté, de s'éloigner du fourneau. Le seul avantage qu'il présente par son extrême simplicité, c'est qu'il est en rapport avec les circonstances locales et avec le peu d'intelligence des ouvriers qu'on emploie.

Production des mines de Huancavelica. Il résulte des documents officiels conservés dans les archives de la trésorerie de *Huancavelica* que toutes les mines de la province ont produit, depuis l'année 1571 jusqu'à l'année 1790, 1.040.469 quintaux qui, au prix de 73 piastres le quintal, payé par le gouvernement qui s'était attribué le monopole du mercure, représentent une valeur de 75.954.257 piastres ou près de 380 millions de francs.

En dehors de cette quantité emmagasinée à la trésorerie de *Huancavelica*, il se faisait une contrebande ac-

tive que les mineurs du *Cerro de Pasco* favorisaient par tous les moyens.

De 1790 à 1845 l'exploitation de la grande mine de *Santa-Bárbara* a été souvent à peu près abandonnée et M. de Rivero évalue la quantité de mercure extraite dans les diverses mines à 66.000 quintaux.

Aujourd'hui la production de la province atteint à peine annuellement 2.000 quintaux, dont la moitié à peu près provient de la mine de *Santa Barbara*.

Terrain secondaire de la province de Tayacaja.

Nous allons maintenant quitter la province de *Huancavelica*, où nous reviendrons après avoir traversé successivement les provinces de *Tayacaja*, *Huanta*, *Ayacucho* et *Acobamba*. Il faut pour cela retourner sur nos pas jusqu'au village d'*Iscuchaca* et traverser de nouveau la rivière. Sur la rive gauche on trouve d'abord, ainsi que je l'ai dit plus haut, des couches perpendiculaires de calcaire siliceux : on commence immédiatement à gravir une côte escarpée de plus de trois lieues de longueur où l'on rencontre successivement des assises de grès jaunes à grains fins ; des grès plus grossiers, moins homogènes et traversés dans tous les sens par d'innombrables veinules de quartz compacte quelquefois sali par de l'oxyde de fer ; des couches très-puissantes de brèches et de poudingues calcaires tout à fait semblables aux conglomérats du gisement mercuriel de *Huancavelica* ; enfin, le sommet de la côte se compose d'assises nombreuses de calcaire compacte, gris noirâtre, avec des veinules blanches de carbonate de chaux lamellaire et cristallisée dans les géodes en dodécaèdres métastatiques aplatis.

Dans les couches de grès à grain fin, à une demi-lieue d'*Iscuchaca*, j'ai trouvé un filon vertical, d'un mètre de puissance, formé par une espèce de roche porphyrique excessivement dure : il est partagé assez

également par une fente remplie de fer oxydulé cristallisé en octaèdres.

Au sommet de la côte de *Pampas* on se trouve sur la ligne de faîte d'un contre-fort de la Cordillère orientale qui sépare la petite vallée de *Pampas* de celle de *Jauja* ; ou plus exactement encore on passe sur le point de rencontre de ce contrefort et d'un chaînon latéral, parallèle aux deux Cordillères.

Terrain schisteux.

En descendant la côte du côté de *Pampas*, le terrain change complétement. On rencontre d'abord des conglomérats et des poudingues porphyriques à noyaux quartzeux, et plus bas des schistes argileux de couleurs très-variées et qui présentent fréquemment une grande analogie avec les schistes ardoisiers. Cette formation schisteuse n'a pas moins de six à huit cents mètres de puissance : elle constitue exclusivement les montagnes qui entourent la vallée de *Pampas*, et, comme les schistes sont presque partout désagrégés jusqu'à une certaine profondeur, il en résulte que ces montagnes présentent pour la plupart des formes arrondies.

Vallee de Pampas.

La petite vallée de *Pampas* est enclavée dans les premiers chaînons de la Cordillère orientale ; elle n'a guère que quatre ou cinq lieues de long sur une demi-lieue ou au plus une lieue de large : l'alluvion qui la remplit provient nécessairement des détritus schisteux des montagnes voisines ; c'est une argile grossière, très-ferrugineuse et qui ne contient qu'un petit nombre de galets, entraînés depuis le sommet des montagnes par les innombrables torrents qui en descendent pendant la saison des orages.

A trois ou quatre lieues au sud du pueblo de *Pampas*, la vallée se rétrécit et aboutit à une gorge sinueuse et profondément encaissée par laquelle les eaux de tout

ce bassin vont se réunir à la rivière de *Mayo* dont nous parlerons un peu plus tard.

En sortant de *Pampas* pour se diriger sur *Huanta* on rentre bientôt dans les montagnes qui dépendent de la Cordillère orientale, et la route n'est plus qu'une succession de montées et de descentes excessivement roides. Pendant six lieues, jusqu'à un petit village nommé *Piscas*, on ne trouve que des schistes de nature et de couleur très-variables; des schistes chloriteux verts, des schistes micacés presque noirs et des schistes argileux désagrégés, gris, jaunes et rouges : ils passent insensiblement de l'un à l'autre; ils sont en outre traversés par des veinules de carbonate de chaux lamellaire et par d'innombrables petits filons de quartz blanc, qui se croisent dans tous les sens. Terrain schisteux.

A une lieue de *Piscas*, vers la cîme d'une montagne, on trouve des vestiges nombreux d'anciennes exploitations : les minerais étaient traités à *Piscas* dans une usine dont on voit encore les ruines. Une de ces mines, qui venait d'être reprise tout récemment par le sous-préfet de la province, a été exploitée par les Espagnols jusqu'à une assez grande profondeur et les vieux travaux, en partie inaccessibles, présentent un développement considérable. Le filon se dirige du S.-E. au N.-O. et incline vers le N.-E. de 12 à 15 degrés. Sa puissance moyenne est de $0^{m},30$ et le minerai consiste dans une argile ferrugineuse analogue aux minerais *pacos* du cerro de *Pasco*; il contient 0,002 à 0,003 d'argent et il s'amalgame assez bien sans grillage préalable. Les salbandes sont indiquées des deux côtés par une petite couche de $0,^{m}05$ d'épaisseur colorée en vert et en bleu par du carbonate et du silicate de cuivre hydraté. La roche encaissante est une espèce de porphyre argileux, à demi décomposé, traversé par des veinules de chaux Mines d'argent.

carbonatée lamellaire. Un peu plus haut on exploite un autre filon tout à fait vertical, d'une très-faible puissance, encaissé dans une roche calcaire excessivement dure qui forme la partie supérieure de la montagne.

On connaît en outre dans les environs de *Piscas* un assez grand nombre de filons de minerais *pacos* et de galènes plus ou moins argentifères.

Terrain secondaire métamorphisé.

De *Piscas* à *Colcabamba*, qui en est éloigné de quatre lieues, on rencontre successivement des schistes de couleurs très-variées, des porphyres bigarrés, des conglomérats porphyriques et calcaires et des calcaires noirâtres avec veinules de spath blanc cristallin.

Granite.

Un peu avant *Colcabamba*, le terrain stratifié disparaît et est remplacé par des roches granitiques bien caractérisées dans lesquelles les grains de quartz et les cristaux de feldspath sont très-gros, tandis que le mica est assez rare et en très-petites paillettes. La couleur générale de la roche est le blanc jaunâtre tirant quelquefois sur le rose.

Usine de Pilcos et gisement de minerai de cuivre.

A une lieue de *Colcabamba*, au fond d'une petite vallée profondément encaissée dans les montagnes, M. Davelonis construisait à cette époque (décembre 1850) un fourneau à manche destiné à fondre des minerais de cuivre assez riches provenant d'une mine voisine. Le gisement cuivreux ne constitue pas un filon proprement dit; c'est plutôt un amas très-irrégulier enclavé dans du granit décomposé et très-ébouleux, et l'exploitation, bien qu'assez active, n'avait produit au bout d'une année que 350 à 400 quintaux de minerai : celui-ci est formé d'un mélange de silicate, de carbonate et d'oxysulfure de cuivre mélangés, d'un peu d'argile et accompagnés de petits cristaux limpides, très-brillants, qui paraissent être de l'arragonite.

Le fourneau à manche de *Pilcos* est placé au pied d'une roche granitique tombée des hauteurs voisines et qui forme un mur exactement perpendiculaire de 15 à 16 mètres de hauteur, le long duquel est assujettie la double trompe qui doit alimenter la soufflerie du fourneau. Sur un des côtés de cette roche les eaux des petits bassins supérieurs forment une cascade d'un aspect des plus pittoresques. Les eaux, chargées de carbonate de chaux, l'abandonnent en partie sur toute la hauteur de la chute : il en résulte une véritable cascade pétrifiée entièrement recouverte par les eaux pendant la saison des pluies, mais qui se découvre en partie durant l'hiver et laisse voir un rideau calcaire légèrement ondulé. Ce qu'il y a de remarquable, c'est qu'au-dessus et au-dessous de la chute, les eaux n'abandonnent qu'une petite quantité de chaux carbonatée, et il devient évident que celle-ci se précipite presque totalement dans le parcours de la cascade.

Concrétions calcaires produites par une cascade.

En quittant *Pilcos* et en continuant à se diriger vers le sud, dans la direction de *Huanta*, on traverse un pays toujours très-montueux, mais d'une extrême fertilité, et l'on aperçoit de tous les côtés des villages et des fermes isolées habités par les Indiens. La route passe successivement par les petits villages de *Cotas*, *Huacho* et *Paucarbamba*. Pendant plus de dix lieues on marche constamment sur le granit qui forme une éruption longitudinale, dirigée à peu près du nord au sud, au milieu des terrains stratifiés métamorphisés et relevés dans tous les sens.

Granite.

Deux lieues avant le *Pueblo de Paucarbamba*, en commençant à descendre une côte excessivement roide, où la route se compose d'une série d'escaliers irréguliers taillés dans la roche vive, on se trouve sur le contact du granit et des terrains stratifiés métamorphisés.

Terrain secondaire.

Ceux-ci se composent d'abord de porphyres granitoïdes, dont la stratification est à peine apparente, puis de schistes noirâtres analogues aux schistes ardoisiers, de calcaires compactes, noirs, avec veinules blanches de carbonate de chaux lamellaire, de schistes argileux désagrégés jusqu'à une grande profondeur, et enfin de conglomérats calcaires et de poudingues porphyriques : toutes ces couches alternent fréquemment et forment des assises très-puissantes. Les roches d'éruption continuent à se montrer sur la gauche, à peu de distance du chemin ; elles disparaissent tout à fait en face *Paucarbamba* à une lieue au sud-est de ce village.

Rivière de Mayo. Entre *Pampas* et *Paucarbamba*, la route se dirige vers le sud et traverse un pays extrêmement accidenté. Ainsi que je l'ai dit plus haut, c'est une succession de montagnes escarpées qui appartiennent aux chaînons accessoires et aux contreforts de la Cordillère orientale et qu'il faut franchir les unes après les autres. Les eaux de pluie donnent lieu à d'innombrables torrents qui tous vont rejoindre la rivière de *Mayo*, dont j'indiquerai le cours un peu plus tard. A trois reprises différentes j'ai eu occasion d'apercevoir cette rivière à une distance énorme, et le ravin au fond duquel elle passe encaissé par des montagnes presqu'à pic de 800 à 1.000 mètres de hauteur. La chaleur qui y règne est insupportable, et l'on y cultive la canne à sucre, tandis que la route que je parcourais, dans les points où j'ai pu apercevoir la rivière, passait à peu de distance du niveau des neiges éternelles.

Terrain secondaire. De *Paucarbamba* à *Churcampa*, distant de huit lieues vers le sud, la route est encore tracée sur les derniers chaînons de la Cordillère orientale : le terrain est décomposé jusqu'à une certaine profondeur et presque partout couvert d'une herbe fine et épaisse de sorte que

j'ai eu peu d'occasions d'observer les roches à découvert. J'ai remarqué toutefois des calcaires compactes gris ou presque noirs à veinules de carbonate de chaux cristallisé, quelques grès analogues à ceux qui constituent le terrain carbonifère de *Castro-vireyna* dont je parlerai plus tard, des porphyres rouges, des conglomérats et des poudingues porphyriques, et enfin une espèce de tuf porphyrique grisâtre tout à fait analogue au trachyte, qui recouvre plusieurs lieues carrées et qui pourrait bien être le résultat d'une éruption trachytique postérieure au soulèvement du terrain stratifié.

Filons argentifères.

A une demi-lieue de *Paucarbamba*, dans la direction du sud-est, on exploite un assez grand nombre de filons argentifères qui traversent les couches de porphyres à demi décomposés du *Cerro de Pampalca*. Les minerais sont composés de galène et d'un mélange d'argile, de carbonate et de sulfate de plomb terreux salis par de l'oxyde de fer. Ces derniers sont placés à la partie supérieure des filons et sont beaucoup plus riches en argent que les galènes; les mineurs leur donnent le nom de *Pacos*, sous lequel ils désignent tous les minerais oxydés et terreux qui n'ont pas besoin d'un grillage préalable pour être soumis à l'amalgamation. J'ai essayé à Lima deux échantillons de *Pacos de Pampalca;* l'un m'a donné 0,004 et l'autre 0,005 d'argent.

Terrain secondaire.

Le petit village de *Churcampa* se trouve sur le bord de l'éruption trachytique et à l'extrémité nord du bassin d'*Ayacucho*, dont toutes les eaux s'écoulent à travers la Cordillère orientale par la rivière de *Mayo*. A partir de *Churcampa*, on descend constamment pendant près de deux lieues jusqu'au village de *Mayo*, en traversant un terrain composé d'un très-grand nombre d'assises de tufs porphyriques, de porphyres rouges, de grès et d'argiles schisteuses de couleurs très-variées. Les cou-

ches inclinées généralement à 45 degrés vers l'ouest et quelquefois presque verticales sont peu puissantes et, dans des escarpements où la roche n'était visible que sur une largeur de 5 à 6 mètres, j'ai compté jusqu'à trente-cinq couches différentes les unes des autres par leur nature, leur consistance et leur couleur, et dont quelques-unes n'avaient pas plus de $0^{m},05$ d'épaisseur, c'étaient des grès feuilletés et des argiles schisteuses. Du reste, quelle que soit la nature des couches, j'ai trouvé presque partout le terrain désagrégé sur une profondeur de plusieurs mètres et transformé en une argile bigarrée sans consistance, à travers laquelle les innombrables petits torrents, qui se précipitent sur ces pentes rapides pendant la saison des orages, se sont creusé des canaux souterrains qui ont quelquefois jusqu'à 10 mètres de développement longitudinal sur 1 à 2 mètres de section transversale.

Rivière de Mayo. A *Mayo*, nous retrouvons la rivière d'*Iscuchaca* dont le nom change pour la troisième ou quatrième fais; elle débouche d'une ravine excessivement encaissée et coule entre des montagnes dont la base est formée de porphyre rouge brun. Cette rivière prend sa source dont le petit lac de *Junin* situé sur un plateau de la Cordillère, au sud du *Cerro de Pasco* où les deux chaînes se réunissent, et forment ce qu'on appelle un nœud; elle descend ensuite vers le sud dans la vallée de *Jauja* qu'elle traverse dans toute sa longueur : un peu au-dessous de *Huancayo*, elle s'engage de nouveau entre des montagnes presque à pic dont elle suit tous les détours pendant une vingtaine de lieues, recevant successivement les eaux de toutes les ravines accessoires et entre autres celles de la vallée de *Huancavelica*. A *Mayo*, elle pénètre pour peu de temps dans le bassin d'*Ayacucho* et continue à se diriger vers le

sud-est pendant deux lieues ; elle s'augmente alors de toutes les eaux de ce bassin réunies dans la rivière de *Huarpa*, puis elle s'infléchit à l'est et s'introduit dans la Cordillère orientale qui s'ouvre à peine pour lui laisser passage : elle circule dans un ravin sinueux et profondément encaissé, s'infléchit de nouveau, mais cette fois vers le nord-est et coule parallèlement à sa première direction jusque vers la hauteur de *Huancayo* entre des montagnes escarpées, de sorte que la province de *Tayacaja* forme ainsi une espèce de presqu'île. Enfin, elle s'infléchit de nouveau vers l'est et ne tarde pas à se réunir à l'*Apurimac* qui prend sa source dans la Cordillère de la côte à l'ouest de *Cuzco* et apporte à l'*Ucayale*, un des principaux affluents de la rivière des *Amazones*, toutes les eaux qui tombent entre les deux Cordillères, depuis leur séparation en deux chaînes distinctes qui a lieu un peu au sud de la ville de *Cuzco*, jusqu'à leur réunion au *Cerro de Pasco* où elles forment un second nœud ou centre de soulèvement.

Après avoir traversé la rivière de *Mayo* sur un pont suspendu en lianes, le plus hardi de tous ceux de ce genre que j'ai rencontrés dans la Cordillère, on suit pendant près de trois lieues la rive gauche de la rivière sur l'alluvion considérable qu'elle a formée ; ce terrain alluvial, qui est généralement d'un rouge violacé, est presque identique avec le terrain décomposé des environs de *Mayo* des détritus duquel il est formé sans aucun doute ; toutefois, les nombreux escarpements creusés dans l'alluvion par les torrents qui apportent jusqu'à la rivière les eaux de tous les ravins accessoires, présentent une alternance de couches horizontales d'argile quelquefois feuilletée et de cailloux roulés d'un volume très-variable empâtés dans la même argile. La rivière a dû conséquemment passer par des

Terrain alluvial.

périodes distinctes et couler successivement avec violence, et avec assez de lenteur pour ne transporter que de l'argile. Il me semble qu'on peut trouver aussi une explication de cette alternance de couches dans les changements si fréquents du lit des rivières torrentielles. Les cailloux roulés sont transportés dans le lit de la rivière, tandis que les couches d'argile sont formées dans des bas-fonds où les eaux n'entrent que pendant les inondations et séjournent par suite de la baisse rapide de leur niveau, formant ainsi des étangs où l'argile tenue en suspension se dépose. Ce qu'il y a de plus probable, c'est que le phénomène a dû se produire par le concours des deux circonstances.

Actuellement les deux rivières de *Mayo* et de *Huarpa*, qui se réunissent à deux lieues de *Mayo* sur la gauche de la route, coulent dans un ravin à parois verticales de 25 à 30 mètres de hauteur qu'elles se sont creusées dans leur propre alluvion ; je cite ce fait parce qu'il est général pour les rivières torrentielles tant au Pérou qu'au Chili.

Une circonstance que j'ai notée, parce qu'il en résulte une conséquence facile à déduire, c'est que le lit des rivières de *Mayo* et de *Huarpa*, non plus que les couches de l'alluvion ne contiennent des cailloux roulés de granit, mais seulement des échantillons porphyriques excessivement variés, quelques fragments de calcaire et très-rarement de grès.

Terrain secondaire.

A quatre lieues de distance de *Mayo*, et deux lieues à peu près en deçà de *Huanta*, on quitte l'alluvion et on se retrouve sur le terrain stratifié relevé. Après avoir gravi une côte peu élevée composée de couches alternatives des grès et de porphyres à demi décomposés, que je ne puis mieux caractériser qu'en les désignant sous le nom de porphyres argileux, on arrive

sur un plateau légèrement ondulé qui descend insensiblement jusqu'à la rivière. Là il n'est plus possible d'observer les couches recouvertes de terre végétale ; mais quelques roches saillantes et les pierres roulées des petits ruisseaux indiquent des porphyres rouges et verts, des grès et des calcaires. Ces porphyres ainsi que ceux de *Mayo* sont sillonnés dans tous les sens par de nombreuses veinules de calcaire blanc, cristallin, et offrent quelques géodes tapissées de cristaux bien définis.

Mines de Huayllay.

Dans les environs de *Huanta*, au milieu des premiers chaînons latéraux de la Cordillère orientale, on rencontre une population indienne dont les usages et la langue sont tout à fait semblables à ceux des autres Indiens de la *Sierra*, mais qui n'est soumise qu'en apparence au gouvernement péruvien, car, depuis la déclaration de l'indépendance, elle s'est soustraite au tribut personnel imposé depuis la conquête, sous le nom de contribution des indigènes, en alléguant pour tout prétexte qu'elle voulait demeurer fidèle aux rois d'Espagne. Le territoire habité par ces Indiens porte le nom d'*Iquicha* et contient un assez grand nombre de gîtes minéraux exploités autrefois par les Espagnols et par une compagnie de Portugais, venus du Brésil, qui entreprit d'assez grands travaux, il y a je crois un siècle et demi, dans la province de *Jauja* et dans les départements de *Huancavelica* et d'*Ayacucho*. Pendant la guerre de l'indépendance, toutes les exploitations furent abandonnées ; depuis lors l'industrie minérale privée de bras et de capitaux ne s'est pas relevée, et c'est seulement dans ces trois dernières années qu'il a été fait quelques tentatives pour reprendre divers gisements ou explorer quelques mines récemment découvertes.

Il faut excepter toutefois le district de *Huayllay* situé

à six lieues de *Huanta* dans l'intérieur de la Cordillère, au milieu des Indiens *Iquichanos*. On avait conservé le souvenir de son ancienne richesse, et il y a plus de vingt ans qu'un Argentin, D. Javier de la Plata, en a repris l'exploitation avec une persévérance qui vient d'être récompensée par un plein succès.

Pour se rendre à *Pachanga*, où l'on traite les minerais des diverses mines de *Huayllay*, il faut franchir deux chaînons latéraux de la Cordillère et deux ravins profondément encaissés qui vont aboutir vers le nord à la rivière de *Mayo*. Le terrain est tout à fait semblable à celui que nous avons trouvé depuis *Pampas;* il se compose de porphyres bigarrés, de schistes et de calcaires; on rencontre aussi des poudingues dont les noyaux et le ciment sont également porphyriques et ne se distinguent que par la couleur et une dureté plus grande dans les noyaux que dans la pâte; enfin il y a quelques rares apparitions de grès et de conglomérats calcaires, et presque toutes les couches, excepté celles de grès, sont traversées par des petites veinules de calcaire cristallin et par des filons irréguliers de quartz dans les porphyres et les schistes.

L'usine de *Pachanga* se trouve au fond d'un ravin très-encaissé et les montagnes escarpées, qui s'élèvent de chaque côté jusqu'à 5 ou 600 mètres de hauteur, sont formées d'assises presque verticales d'un calcaire compact qui passe fréquemment au calcaire grenu et semi-cristallin. La roche offre des nuances très-diverses et pourrait produire un beau marbre d'ornement. En remontant le ravin, à deux lieues de *Pachanga*, on trouve le *Cerro de Ballesteros*, sur les flancs duquel ont été ouvertes les exploitations les plus importantes du district de *Huayllay* : la montagne est formée de couches peu inclinées d'un calcaire semblable à celui de *Pa-*

changa. La mine la plus importante par sa richesse est celle de *San Juan de Dios* qui a produit, à diverses époques, des minerais d'argent presque massifs. L'allure du filon est des plus irrégulières et constitue le mode de gisement auquel les mineurs du pays donnent la désignation de *bolsonadas de metal;* c'est une succession de renflements et d'amincissements, et pendant la durée de ces derniers les salbandes se rapprochent tellement, que la trace du filon, qui fait corps avec elles, n'est plus indiquée que par une petite veinule de chaux carbonatée lamellaire de $0^{m},01$ d'épaisseur.

Le minerai qu'on extrait actuellement de la mine de *San Juan de Dios* se compose d'un mélange de galène, de blende et de mispickel mamelonné à structure lamelleuse; il contient une certaine quantité d'argent, probablement combiné, qui varie de 0,005 à 0,015. Accidentellement, et au milieu du minerai massif et qui ne contient pas d'argent visible, on trouve différentes combinaisons d'antimoine et d'argent qui renferment jusqu'à 75 0/0 de ce dernier métal sans mélange de gangue, de l'argent natif ramifié et de l'argent antimonial disséminé dans de la galène et du carbonate de chaux lamellaire : on y trouve aussi de l'argent rouge et de l'argent sulfuré intimement mélangé avec l'argent antimonial. En termes plus généraux, les différents échantillons de la mine de *San Juan de Dios*, que j'ai eu occasion d'examiner à *Pachanga*, contiennent toutes les combinaisons naturelles de l'argent, moins les chlorure, bromure et iodure, et l'argent bismutal, et parmi celles-ci deux ou trois alliages en proportions différentes d'antimoine et d'argent qui méritent un examen spécial et constituent sans doute des espèces minéralogiques nouvelles et bien définies. La mine de *San Juan de Dios* n'est pas la seule exploitée sur le *Cerro de Ballesteros;*

sans parler des nombreux vestiges des mines anciennes, on travaille aujourd'hui, quoiqu'avec moins de succès que la première, les mines de *San Pedro* et de *Santa Catalina*, où l'on rencontre de temps en temps de petits amas de minerai riche tout à fait semblable à celui de *San Juan de Dios*. Enfin, à deux lieues au-dessous de *Pachanga*, tout près de la rivière de *Mayo*, dans un terrain de porphyre, on exploite la mine de *Pallcca*, que je n'ai pas eu occasion de visiter, mais dont j'ai vu plusieurs échantillons contenant beaucoup d'argent natif dans une gangue de quartz.

Traitement du minerai.

Le minerai provenant de ces diverses mines est traité, dans l'usine de *Pachanga*, par un procédé un peu barbare, car il consiste tout simplement, pour le minerai riche, à moudre celui-ci dans des meules verticales en porphyre qui tournent autour d'un axe vertical sur un plan également en porphyre et entouré de douvelles en bois qui en forment une espèce de cuve : un petit courant d'eau entre dans la cuve qu'on peut vider par une bonde placée vers la partie inférieure. On y jette avec le minerai une certaine quantité de mercure et l'on fait tourner la meule verticale jusqu'à que le minerai soit moulu, et, quand on *suppose* que tout l'argent est amalgamé, on procède au lavage en ouvrant la bonde et en augmentant la rapidité du courant d'eau. On ajoute ensuite de nouveau minerai et on continue ainsi de manière à obtenir au fond de la cuve un amalgame semi-liquide que l'on met à part. Les *relaves* ou farines entraînées par l'eau renferment encore une certaine quantité d'argent combiné avec la galène et à l'état d'argent rouge et de sulfure d'argent : on les recueille *le mieux possible* dans des petits bassins de dépôt pour être grillées plus tard avec le minerai commun et amalgamées au moyen du magistral par une méthode de

patio qui ne diffère de celle du Mexique que par le grillage qui précède l'action du magistral.

A l'époque où j'ai visité les districts de *Huayllay*, les minerais de *San Juan de Dios* contenaient, ainsi que je l'ai dit, une grande quantité d'argent antimonial, de sorte que l'amalgame ou *pella* se trouvait sali par de l'antimoine et peut-être aussi par un mélange de galène en poudre très-fine à la présence de laquelle les mineurs du pays attribuaient sa couleur d'un gris sale, son peu d'éclat et sa facilité à s'écraser entre les doigts. Le procédé employé pour purifier cet amalgame est assez simple. On réduit en poudre une pyrite cuivreuse très-pauvre qu'on extrait d'un filon assez voisin de *Pachanga* et on la grille dans une espèce de fourneau à réverbère; on la pulvérise de nouveau après le grillage et on broie l'amalgame avec la poudre qui en résulte. Ce broyage s'exécute dans une concavité pratiquée dans un bloc de porphyre, au moyen d'un fragment de porphyre roulé par les eaux, et que l'ouvrier tient à deux mains; on fait arriver sur l'amalgame un filet d'eau et on continue le broyage en ajoutant plusieurs fois de la poudre grillée jusqu'à ce que l'amalgame reprenne son éclat ordinaire et que les eaux de lavage sortent bien limpides. Il est probable que l'effet produit, du moins sur la galène mélangée à l'amalgame, est dû en grande partie à l'action mécanique de la poudre, plutôt qu'à son action chimique.

Bassin d'Ayacucho.

Depuis *Mayo* jusqu'à une certaine distance au sud de la ville d'*Ayacucho* on se trouve dans une espèce de bassin borné à l'ouest par les derniers chaînons latéraux de la Cordillère de la côte, à l'est par les premiers chaînons de la Cordillère orientale, au nord par les hauteurs de *Churcampa* qui ouvrent un étroit passage à la rivière de *Mayo* et au sud par une chaîne transversale

qui va sans interruption d'une Cordillère à l'autre. Considéré dans son ensemble, du sommet des hauteurs de *Churchampa*, et abstraction faite des déchirures qui le sillonnent et de quelques montagnes peu élevées qui font saillie vers le milieu, le fond de ce bassin forme un plan incliné dont la partie supérieure s'appuie sur le pied de la Cordillère orientale et descend lentement jusqu'aux rivières d'*Ayacucho* et de *Huarpa* qui coulent au pied des derniers chaînons de la Cordillère de la côte. Le terrain qui constitue ce plan incliné est aussi tout à fait différent de ceux que nous avons rencontré jusqu'à présent. En effet, depuis *Huanta* jusqu'à la côte de *Pacaycasa*, on ne rencontre que des tufs marneux et calcaires, des argiles et des marnes endurcies, et parfois des roches analogues au trachyte, mais beaucoup plus tendres et d'une couleur blanchâtre. Les couches sont sensiblement horizontales, et, malgré la difficulté de s'expliquer comment ce terrain, qui se trouve complétement enclavé dans la Cordillère et qui ne présente aucun des caractères d'une alluvion moderne, aurait pu se déposer après le soulèvement, l'horizontalité des couches et leur nature toute spéciale me portent à croire qu'il est postérieur à la formation des Cordillères. Au surplus, pour trancher la question d'une manière absolue, il faudrait le soumettre à un examen beaucoup plus complet que celui que j'ai fait moi-même, et surtout étudier la nature chimique de diverses roches très-curieuses du bassin d'*Ayacucho*, dont je n'ai pu augmenter ma collection, déjà très-embarrassante.

Tuf porphyrique. La plus remarquable de toutes ces roches est celle qui constitue une colline abrupte après le petit village de *Pacaycasa*; sa puissance est d'au moins 200 mètres, et la stratification, à peu près horizontale, n'est sen-

sible qu'à une certaine distance : on distingue alors très-nettement des séparations parallèles dont la couleur est un peu plus foncée que celle de toute la masse. En gravissant le chemin sinueux qui conduit au sommet les yeux sont éblouis par la réflexion des rayons solaires sur une roche d'une blancheur éclatante et les plans de stratification disparaissent entièrement. Cette roche se compose d'un ciment d'une apparence marneuse et d'une couleur blanche qui empâte des petits noyaux de forme irrégulière ; les uns sont d'une couleur blanc de neige et ressemblent à des cristaux de feldspath désagrégé, les autres sont assez durs et presque noirs. Elle présente assez bien les caractères d'une roche volcanique, et, sans rien décider sur son origine, je ne puis mieux la désigner que sous le nom de *tuf porphyrique*.

Ce qui me porte à croire que cette roche est une variété de trachyte, c'est qu'*Ayacucho* repose sur des roches d'origine volcanique qui forment au sud de la ville des assises assez puissantes et aussi presque horizontales. C'est une espèce de masse compacte, d'un gris noir, à cassure inégale et grenue comme celle du grès, et qui empâte un grand nombre de fragments irréguliers de scories d'une couleur noire. Cette formation de laquelle on extrait la plus grande partie des pierres employées à *Ayacucho* pour la construction des édifices est recouverte, aux approches de la ville, d'une couche de quelques mètres d'épaisseur formée par une roche de couleur noire, poreuse et scorifiée, assez semblable aux fragments disséminés dans les assises inférieures et qui représente exactement une amygdaloïde dont les noyaux auraient disparu.

Nous allons maintenant sortir du bassin d'*Ayacucho*, que je me propose d'étudier avec plus de détails à mon

retour au Pérou, pour rentrer dans la Cordillère occidentale dont les derniers échelons viennent s'enfoncer sous le terrain spécial que je viens de décrire, à une demi-lieue à l'ouest de la ville d'*Ayacucho*.

District minéral de Niñobamba.

Si, à partir de cette localité, nous nous dirigeons vers la ligne de faîte, et par conséquent à l'ouest, à peu près perpendiculairement à celle-ci, en suivant le chemin qui conduit à la ville d'*Yca*, nous trouvons à quinze lieues de distance d'*Ayacucho* et à quatre ou cinq lieues de la ligne de faîte le minéral de *Niñobamba*, autrefois exploité par les Espagnols.

Il serait superflu de donner une description minutieuse du chemin fort accidenté qui y conduit et j'indiquerai seulement en peu de mots la nature des roches que l'on rencontre depuis *Ayacucho*.

Les premiers chaînons sont formés, sur une largeur de sept à huit lieues, de couches de porphyres bigarrés, de poudingues et de conglomérats porphyriques relevées dans toutes les directions. On descend alors dans une vallée dont les eaux vont aboutir à la rivière de *Huarpa* et dont les flancs se composent d'assises très-puissantes et peu inclinées d'un grès quartzeux qui renferme une foule de petits cristaux de quartz limpide, dont la grosseur ne dépasse guère celle de la tête d'une grosse épingle et dont les deux pyramides sont presque toujours contiguës et simulent un dodécaèdre parfait. Dans les sables d'un blanc jaunâtre qui remplissent le fond de la vallée, ces cristaux en nombre infini brillent au soleil comme des petits diamants.

On s'engage ensuite dans une seconde vallée qui aboutit à la première et qui descend depuis la ligne de faîte de la grande Cordillère. Au bout de quatre lieues les grès sont remplacés par des calcaires compacts, auxquels ils servent de base, et bientôt après par des

porphyres au milieu desquels les filons de *Niñobamba* se sont fait jour.

On rencontre de nombreux indices d'anciennes exploitations dont les *desmontes* (1) argileux et porphyriques occupent de vastes espaces sur les flancs escarpés des montagnes. Quelques-unes de ces exploitations ont été reprises il y a peu de temps par une compagnie qui s'est formée à *Ayacucho* au capital insuffisant de 15.000 piastres. A l'époque de ma visite, en décembre 1850, cette somme était déjà complétement absorbée par des travaux de déblai et de soutènement dans l'intérieur des mines, et par la construction d'une usine pour le traitement métallurgique des minerais.

Les mines les plus importantes, bien que leur avenir me semble très-problématique, à cause du peu de puissance des filons et de leur irrégularité, sont celles de *San-Lorenzo*, *Desesperada* et *Trinidad*. Les deux dernières sont ouvertes sur deux filons parallèles et peu éloignés dont la direction générale est nord et sud. L'ancien champ d'exploitation est assez vaste et fort irrégulier comme tous les travaux de mines de l'Amérique du Sud, où chaque mineur abandonné à ses propres ressources s'attachait exclusivement à la poursuite du minerai sans jamais entreprendre une galerie ou un puits de recherche. La puissance des filons varie de $0^m,20$ à $0^m,10$ et le minerai, à peu près identique dans les deux mines, se compose d'un mélange de

(1) On désigne sous le nom de *desmonts* les déblais de l'exploitation, qui sont rejetés tout à côté de la bouche-mine sur les flancs de la montagne. Ces déblais descendent souvent très-bas, ou donnent lieu, lorsque la montagne a peu de pente, à une plate-forme quelquefois assez étendue. Le volume du *desmonte* permet de se former une idée assez exacte de l'importance et du développement de l'exploitation souterraine.

pyrite du fer et de blende cristallisées, de galène lamellaire, et de cuivre gris compacte disséminé dans la masse et contenant à l'état de sulfure la presque totalité de l'argent. Quelques échantillons présentent une teneur assez forte et l'un d'eux, provenant de la mine *Trinidad*, et qui m'a été envoyé à Lima par le préfet d'*Ayacucho* quatre mois environ après ma visite, renfermait 0,01 d'argent; comme le cuivre gris formait à peu près la dixième partie de la masse, composée en grande partie de pyrite de fer et de blende, on peut admettre que cet échantillon contenait 10 p. 100 d'argent. La roche encaissante est un porphyre à demi-décomposé et les salbandes du filon sont garnies d'une argile très-douce au toucher, ce qui rend peu coûteux le percement des galeries.

Le filon de *San-Lorenzo* est situé tout à fait au sommet de la même montagne sur les flancs de laquelle apparaissent à mi-côte les deux filons dont nous venons de parler. La roche encaissante est tout à fait différente; c'est une espèce de porphyre à grains quartzeux ou pour mieux dire un grès métamorphosé excessivement dur et compacte. Le filon, récemment découvert, s'enfonce verticalement; sa direction est S.-E. et N.-O. Sa puissance réelle est de $0^m,05$ à $0^m,06$, mais de chaque côté du filon une partie de la roche, nettement séparée du reste de la masse par un mince filet d'une couleur un peu plus obscure, et d'une épaisseur de $0^m,10$ à $0^m,12$, contient une grande quantité de petits grains de pyrite arsénicale : du reste la gangue est exactement le même grès métamorphisé qui constitue le sommet de la montagne et elle fait corps avec elle, de telle sorte que le filon n'a pas de parois bien nettes comme cela arrive d'ordinaire. Quant au filon exclusivement métallique qui se trouve au centre, il se compose de mis-

pickel lamellaire ou même en cristaux isolés dans les géodes, de blende et de galène et enfin d'argent rouge antimonial, à cassure lamellaire assez brillante, qui forme des petites plaques inégalement disséminées au milieu de la blende et de la galène. J'ai su depuis que cette mine, assez intéressante par la nature de ses minerais et par leur richesse en argent, avait été abandonnée peu de temps avant mon départ à cause de l'extrême dureté de la roche qui en rendait l'exploitation trop coûteuse.

Au pied du *Cerro de Niñobamba*, dans le fond de la vallée, tout près de la rivière, se trouve une source peu abondante qui sort des porphyres et dont l'eau est à la température de 40 degrés. Elle laisse déposer sur ses bords quelques concrétions peu volumineuses de calcaire ferrugineux et dégage en abondance des bulles d'un gaz inodore qui, sans aucun doute, est de l'acide carbonique. A peu de distance de cette source, en remontant la vallée, j'ai rencontré plusieurs dépôts d'un calcaire ferrugineux tout à fait semblable à celui de la vallée de *Huancavelica*. **Eaux thermales.**

Le district de *Niñobamba* se trouvant sur la limite de l'itinéraire qui m'avait été indiqué, je n'ai pas poussé plus loin de ce côté mes explorations dans la Cordillère et j'ai dû revenir sur mes pas jusqu'à *Huanta* pour me rendre à *Huancavelica* où j'avais à faire un rapport circonstancié sur l'état des travaux de la grande mine de mercure de *Santa-Bárbara*; le temps m'a manqué pour aller examiner à dix lieues plus au sud, vers la ligne de faîte de la chaîne occidentale, un banc de calcaire compacte avec fossiles, dont le directeur des mines de *Niñobamba* m'a remis quelques échantillons. Ils appartiennent, d'après la détermination qu'en a faite M. Bayle, aux deux espèces du *Pecten Alatus* et de la **Fossiles calcaires des environs de Niñobamba.**

Terebratula Tetraedra assez communes au Chili dans le terrain des marnes à bélemnites ou lias supérieur.

Terrain stratifié entre Marcas et Huancavelica.

Si on quitte *Huanta* pour la seconde fois et si on se dirige vers l'ouest par la route directe de *Huancavelica*, on arrive après avoir traversé le bassin d'*Ayacucho* au pied de la côte escarpée de *Marcas* qui se développe sur une longueur de trois lieues sur les escarpements abruptes qui forment limite de la Cordillère occidentale, et l'on arrive enfin sur une sorte de plateau ondulé dont l'élévation au-dessus du bassin d'Ayacucho ne doit pas être moindre de 1.200 à 1.500 mètres.

Sur la côte de *Marcas*, et abstraction faite du terrain remanié par les eaux dont j'ai déjà parlé, on trouve d'abord des tufs marneux et porphyriques alternant, rarement des porphyres bien caractérisés, des assises de quartz compacte et de calcaires siliceux, contenant des veinules blanches et irrégulières de quartz laiteux, qui se rapprochent beaucoup de celles des environs d'*Iscuchaca*, et enfin des grès analogues à ceux de *Niñobamba* mais dont les petits cristaux de quartz sont beaucoup moins bien déterminés. La petite ville d'*Acobamba*, située à peu près vers le milieu du plateau, est construite sur des grès à grain plus fin et plus homogène comme ceux des environs de *Huancavelica*.

A peu de distance d'*Acobamba*, toujours en se dirigeant vers l'ouest les grès disparaissent sous un dépôt trachytique comme celui qu'on a déjà rencontré à *Huando* mais beaucoup plus étendu, car il n'a pas moins de cinq lieues de long. Dans les environs du *Pueblito* de *Pancará*, le trachyte recouvert en grande partie par une couche épaisse de terre végétale, forme un grand nombre de saillies coniques si régulières parfois qu'il semblerait de loin qu'elles ont été taillées par la main de l'homme. Quelques-unes de ces pyramides

n'ont pas moins de 25 à 30 mètres de hauteur. Le trachyte de *Huando* présente aussi cette disposition singulière, mais avec beaucoup moins de régularité.

Le terrain stratifié reparaît un peu au delà de *Pancará* aux approches d'une plaine assez étendue qui fait suite au plateau de *Marcas* et qu'on désigne sous le nom de *Pampa de Mulas*. Il se compose d'assises calcaires avec quelques porphyres intercalés, mais ceux-ci disparaissent complétement avant d'arriver à *Molinos*, et l'on ne trouve plus que des couches calcaires diversement inclinées jusqu'au moment où le chemin aboutit à la vallée de *Huancavelica* à un quart de lieue au-dessous de la ville ; on rencontre alors les couches de grès dans lesquelles se trouve de mercure. Le calcaire de la *Pampa de Mulas* et celui qui constitue le terrain plus accidenté qui s'étend entre *Molinos* et *Huancavelica* est compacte, très-dur, d'un gris noirâtre et fréquemment sillonné par d'innombrables veinules de carbonate de chaux blanc et cristallin.

La distance qui sépare *Huanta* de *Huancavelica* est d'environ 25 lieues.

Disposition générale des terrains stratifiés entre les deux chaînes des Cordillères.

L'itinéraire que j'ai tracé au commencement de cette notice touche à son terme. Il ne nous reste plus qu'à nous diriger vers la Cordillère occidentale en remontant la vallée de *Huancavelica* : sur le versant opposé de cette chaîne nous examinerons le vaste district minéral de *Castro-vireyna* et nous redescendrons vers la mer jusqu'au port de *Pisco*, où je me suis embarqué pour retourner à *Lima*.

Si nous cherchons dès à présent à établir quelque généralité dans les observations isolées qui précèdent, observations qui ont été consignées l'une après l'autre, à mesure qu'elles se présentaient sur mon chemin, et qui ne sont à proprement parler qu'une nomenclature

des terrains que j'ai traversés, si nous essayons en un mot de tracer une coupe idéale des deux Cordillères, coupe évidemment très-inexacte quant à son profil, mais qui représenterait d'une manière générale la disposition relative des différentes formations, la *fig.* 5 peut nous en donner une idée.

Vallée de Huancavelica.

Je reprends maintenant mon itinéraire qui, ainsi que je l'ai dit, me ramène à la ligne de faîte de la Cordillère occidentale, en remontant la vallée de *Huancavelica* pendant six lieues jusqu'à *Astobamba*, où se trouve une petite église abandonnée et une chaumière destinée au logement des voyageurs.

On rencontre successivement des couches de calcaires compactes avec veinules de chaux carbonatée cristallisée ou lamellaire, des porphyres bigarrés et une nouvelle formation calcaire, accompagnée de quelques couches de grès et d'un calcaire siliceux en couches minces et presque schisteuses; l'ensemble du système, presque toujours à peu près vertical, incline à l'ouest, de telle sorte que le *fazellon* de *Santa Bárbara* doit former une seconde ligne de soulèvement parallèle à la Cordillère. Viennent ensuite des couches porphyriques généralement rougeâtres ou d'un brun rouge, qui continuent sans interruption jusqu'à *Astobamba*; elles inclinent à l'est et sont relevées par conséquent suivant une direction parallèle à la ligne de faîte de la grande Cordillère.

Passage de la Cordillère occidentale.

Pendant la saison des orages, les voyageurs qui veulent franchir la Cordillère sont obligés de passer la nuit à *Astobamba*, afin d'arriver le lendemain de bonne heure à la ligne de faîte, qu'il est toujours pénible et souvent dangereux de traverser lorsque la neige tombe avec violence, ce qui n'a lieu généralement que dans l'après-midi. Du reste on peut choisir entre deux pas-

sages : l'un en face et à l'ouest d'*Astobamba*, l'autre à quatre lieues à peu près vers le sud-ouest. Le premier, qui ne doit pas avoir moins de 5.000 mètres de hauteur au-dessus du niveau de la mer, n'a guère que quelques mètres de largeur, et peu d'heures suffisent pour que la neige l'obstrue complétement. Le procédé employé dans ce cas pour débarrasser le chemin mérite qu'on en dise quelques mots. Les Indiens pasteurs des environs d'*Astobamba* réunissent quelques centaines de lamas et les chassent devant eux sur la pente rapide qui mène au *Portezuelo;* parvenus à ce point, où la neige amoncelée entre deux escarpements n'a pas moins de 4 à 5 mètres d'épaisseur, les Indiens excitent leurs animaux du geste et de la voix et les obligent à s'enfoncer jusqu'au poitral dans cette neige que la gelée n'a pas encore eu le temps de durcir ; les premiers ouvrent avec peine un étroit passage qui s'élargit peu à peu sous les efforts de ceux qui suivent, tandis que la neige qui couvre le sol se tasse et s'endurcit à force d'être piétinée et devient bientôt capable de supporter le poids d'un cheval et de son cavalier.

La *fig.* 6 donne une coupe assez exacte de la Cordillère au passage d'*Astobamba*. La couche de charbon de terre est exploitée pour le chauffage d'une machine d'épuisement dans une mine voisine. C'est plutôt un schiste argileux imprégné de matières bitumineuses avec quelques petites veinules de charbon pur. Après la combustion il reste au moins 50 p. 100 de cendres en fragments très-durs, rouges, semblables à l'argile ferrugineuse calcinée et qui conservent leur volume primitif : l'oxyde de fer provient d'une assez grande quantité de pyrite intimement mélangée avec ce combustible impur. Les couches de quartzite désignées sur la figure par les lettres AA sont des quartzites rubanées

de diverses couleurs, parmi lesquelles dominent le rouge et le vert; elles contiennent un grand nombre de rognons de silex qui passe quelquefois à une agate commune.

Le second passage au sud-ouest d'Astobamba est beaucoup plus large que le premier : la ligne de faîte s'abaisse sur une longueur de 7 à 800 mètres, et l'espèce de col ou de large tranchée qui en résulte ne doit pas dépasser 4.500 mètres de hauteur verticale au-dessus du niveau de la mer. Les terrains n'offrent rien de nouveau qu'une stratification très-variable et extraordinairement tourmentée. La ligne de faîte est exclusivement composée de porphyres dont la stratification n'apparaît qu'à distance et auxquels succèdent bientôt, sur le versant occidental, des grès jaunâtres analogues à ceux de la Oroya et remarquables parce qu'ils présentent de vastes surfaces de glissement sillonnées par un grand nombre de stries parallèles.

Surfaces de glissement.

Lacs de Choclococha et d'Orcococha.

Après avoir franchi un plateau légèrement ondulé et recouvert de petits dépôts tourbeux tout à fait superficiels, on rencontre un premier chaînon parallèle qui appartient déjà au vaste district minéral de *Castrovireyna*, dont je parlerai tout à l'heure. Au pied de ce chaînon, du côté de l'ouest, à quatre lieues environ de la chaîne principale, on trouve deux lacs d'une assez grande étendue et dont je ne parle ici que parce qu'ils donnent lieu à une anomalie probablement unique dans son genre. Le lac inférieur, celui de *Choclococha*, reçoit les eaux du lac d'*Orcococha* et le trop plein réuni de ces deux lacs forme une petite rivière appelée *Rio de Pampas*, qui prend naissance vers le sud du lac de *Choclococha*. Cette rivière, au lieu de se diriger vers l'océan Pacifique, suivant les lois ordinaires du partage des eaux, coule vers le sud et au bout de sept à huit lieues

de parcours sur le versant occidental elle s'infléchit brusquement vers l'est, traverse la grande chaîne par une gorge excessivement étroite et encaissée, et va rejoindre l'*Apurimac* après avoir arrosé la province de *Cangallo*, qui fait partie du département d'*Ayacucho*. Il en résulte que les eaux provenant de la fonte des neiges tombées sur le versant occidental de la Cordillère, et sur une étendue de terrain qui ne doit pas être moindre de 50 lieues carrées, vont se jeter dans le fleuve des Amazones et plus tard dans l'océan Atlantique.

A l'ouest de la grande Cordillère, à peu près en face du petit *Pueblo de Santa Ana* indiqué sur la *fig*. 6, commence le vaste district minéral de *Castro-Vireyna*, qui n'a pas moins de 12 à 15 lieues d'étendue du sud au nord sur 5 à 6 de l'est à l'ouest. District minéral de Castro-Vireyna.

Il y a à peu près un siècle qu'il était exploité avec activité par les Espagnols et la tradition conserve encore les noms des mines d'*Astuhuaraca*, de *San Francisco*, de la *Vireyna*, du *Pozo Rico*, de *San Pablo*, de *San Agustin*, etc., qui produisaient en abondance des minerais d'argent dont la teneur dépassait souvent 50 p. 100. Il existe en outre un catalogue dressé, lorsque ce district minéral était prospère, par un mineur praticien de la localité qui a cru devoir en faire hommage au roi d'Espagne, afin de lui signaler les immenses richesses dont il était possesseur dans cette province du Pérou. Ce catalogue contient la désignation de plus de 300 filons argentifères distincts qui avaient été reconnus pendant les divers *cateos* (1) exécutés par l'auteur lui-même.

(1) On donne le nom de *cateo* à la recherche des mines, et le *cateador* est celui qui se livre à cette recherche.

A la suite d'une rixe sanglante qui prit naissance pendant une procession dans la ville même de *Castro-Vireyna*, les mineurs les plus riches s'intéressèrent dans la querelle et se rendirent à *Lima* pour soutenir un procès devant les tribunaux supérieurs. Le travail des mines souffrit nécessairement de cette absence des patrons; les administrateurs, qui n'étaient pour la plupart que des chefs-ouvriers, n'avaient plus assez d'influence pour retenir auprès d'eux les Indiens envoyés à peu près par force des provinces environnantes; ceux qui ne parvenaient pas à s'échapper cessèrent bientôt de suffire à l'assèchement des mines, et les plus riches, qui étaient en même temps les plus profondes, ne tardèrent pas à se remplir d'eau jusqu'au niveau des lacs ou des plateaux. Lorsque les propriétaires revinrent et voulurent porter remède au mal, il n'était déjà plus temps. C'est alors qu'on entreprit de vastes galeries d'écoulement dont on voit encore aujourd'hui les nombreux vestiges et dont l'achèvement aurait sans doute assuré un long avenir à toutes les mines où ces galeries étaient praticables, quand une maladie épidémique, qui paraît avoir été une sorte de tétanos aigu, emporta en quelques semaines la plus grande partie des travailleurs. Les intendants du *Cuzco*, d'*Ayacucho* et de *Jauja* s'empressèrent de réunir de nouveaux contingents ou *mitas* et de les diriger vers le district minéral; mais telle était la terreur superstitieuse des malheureux Indiens condamnés ainsi au travail des mines, que ceux qui ne parvenaient pas à s'échapper pendant le voyage refusèrent absolument de marcher et se laissèrent fusiller par les soldats chargés de les escorter plutôt que d'aller à *Castro-Vireyna*, où l'épidémie s'était personnifiée pour eux sous la forme d'un démon qui rongeait le cœur.

Toutes ces circonstances réunies déterminèrent peu

à peu l'abandon complet du minéral. Cependant, à diverses époques, on fit quelques tentatives qui toutes demeurèrent infructueuses : c'est ainsi que vers la fin du siècle dernier un ingénieur espagnol, muni d'un crédit illimité, entreprit l'asséchement de la mine d'*Astuhuaraca* restée célèbre entre toutes pour la richesse de ses minerais qui étaient d'argent presque massif. Renonçant à l'ancien système qui consistait à extraire l'eau à dos d'hommes dans des sacs de cuir d'une contenance de 50 à 60 litres, il installa des pompes à bras et commença tout à la fois l'épuisement et le nettoyage de la mine que, je ne sais pourquoi, on avait remblayée presque en totalité avant l'abandon. Après deux ans d'efforts inutiles et une dépense de 50 à 60.000 piastres, le travail fut suspendu. On parlait bien encore quelquefois de toutes ces richesses enfouies ou noyées; mais l'absence complète de ressources dans une localité située presqu'au niveau des neiges éternelles, les guerres de l'indépendance et plus tard les guerres civiles qui désolèrent le Pérou pendant plus de vingt années, paralysèrent tous les efforts d'une industrie privée d'ailleurs des bras, des capitaux et des connaissances nécessaires.

Pendant les six dernières années qui viennent de s'écouler, l'énergie du général Castilla, président de la république, est parvenue, pour la première fois depuis la déclaration de l'indépendance, à maintenir la tranquilité intérieure, et c'est de cette époque seulement que datent les rares tentatives industrielles de ceux des Péruviens qui ont su comprendre que tout l'avenir des provinces montueuses, où l'agriculture et le commerce sont nécessairement limités à la consommation locale, dépendait de l'exploitation des innomblables gîtes métallifères presque délaissés pendant plus de trente ans.

C'est alors que l'attention s'est portée sur les sables aurifères de la province de *Carabaya* et sur les mines autrefois si riches de l'infortuné *Salœdo*, qui offrit en vain plusieurs millions de piastres pour se racheter du crime de haute trahison qu'il n'avait pas commis. A *Ayacucho*, une société s'est formée pour reprendre les mines abandonnées du cerro de *Niñobamba*, et enfin le préfet du département de *Huancavelica* parvint à réunir, vers la fin de 1848, soixante souscripteurs qui ont fourni chacun 500 piastres et se sont intitulés un peu ambitieusement les restaurateurs du district minéral de *Castro-Vireyna* (*Sociedad restauradora del mineral de Castro-Vireyna*).

Aucune de ces entreprises n'a donné jusqu'aujourd'hui de résultats satisfaisants, tant à cause de l'insuffisance des capitaux que de la direction peu éclairée donnée au travail. Les faibles ressources de la société de *Castro-Vireyna* employées à la fois à la reprise de sept ou huit mines différentes, furent bientôt absorbées, et les travaux à présent sont limités à deux mines, dont l'une par ses produits suffit tant bien que mal aux dépenses de l'autre.

Description du minéral.

Le minéral de *Castro-Vireyna* commence à peu de distance de la ligne de faîte à la naissance des contreforts qui descendent jusqu'à l'océan Pacifique. Il s'étend par conséquent sur le versant occidental de la chaîne à peu près en face du port de *Pisco*, dont il est éloigné de 30 à 35 lieues. Sa hauteur moyenne au-dessus du niveau de la mer est de 3.500 à 4.000 mètres, et je n'ai jamais traversé dans les hautes régions montagneuses une contrée dont l'aspect général présente une uniformité plus désolante. Il est assez difficile de lui assigner des limites exactes : on évalue sa longueur à 12 lieues parallèlement à la Cordillère et sa largeur

à 6 lieues de l'est à l'ouest; mais il est facile de prévoir que, sur un aussi vaste espace, les mines ne sont pas disséminées uniformément. Certains groupes de montagnes sont entièrement dépourvus de traces d'anciennes exploitations, tandis qu'il y en a d'autres qui en sont pour ainsi dire couvertes et où les amas de déblais qui descendent sur leurs flancs sont presque contigus. Reste enfin la part de l'inconnu, qui doit être grande dans une localité dont on n'a jamais fait une étude sérieuse et où d'ailleurs un très-grand nombre de filons découverts du temps des Espagnols et cités dans le catalogue dont j'ai parlé plus haut ont été négligés, parce que la teneur du minerai recueilli sur les affleurements n'était que de 2 ou 3 millièmes.

Le fait capital et qui ressort d'une étude même superficielle, c'est l'existence d'une zone aquifère de 50 à 60 lieues quarrées et dont plus des trois quarts sont encore vierges de toute exploitation, et je pourrais même dire de toute recherche sérieuse. Du reste, ce fait est général dans toute l'Amérique du Sud, où je crois qu'on n'a jamais rencontré sur un point quelconque un filon isolé comme celui qui constitue les exploitations de Poullaouen et du Huelgoat. Un filon découvert suppose le voisinage de filons subordonnés ou indépendants, et les mines se groupent ainsi par centres distincts auxquels on donne, en espagnol, le nom caractéristique de *mineral*.

Les terrains qui constituent le *minéral* de *Castro-Vireyna* sont exclusivement des porphyres bigarrés, des tufs et des poudingues porphyriques en couches diversement relevées et contournées, recouvertes à l'est et à l'ouest par des couches de grès et de calcaires siliceux qui appartiennent au terrain carbonifère : la *fig.* 7 représente assez bien la coupe idéale du gîte métallifère. Les por-

phyres sont parfois décomposés à la surface et donnent naissance à une argile très-douce au toucher. Il en est est de même des innombrables tas de déblais ou *desmontes*, lesquels, exposés depuis un siècle à toutes les variations de température et aux pluies d'orage de l'été, sont en général presque complétement transformés en argile : c'est au moins ce qui a eu lieu pour tous les *desmontes* des *cerros* de *San Francisco* et de *Santa Bárbara*.

Dans les parties planes, au pied des ravins où la fonte des neiges alimente une foule de petits ruisseaux, on trouve un grand nombre de petits dépôts tourbeux superficiels qu'il serait souvent dangereux de traverser. Les Indiens découpent en rectangles la couche d'herbe fine et serrée qui les recouvre et l'emploient ensuite comme combustible. Ils lui donnent le nom de *champa*.

Les deux mines sur lesquelles la société péruvienne concentre depuis quelque temps ses efforts sont celles d'*Astuhuaraca* et de *Caudalosa*.

Mine d'Astuhuaraca.

L'entrée de cette mine se trouve presqu'au niveau d'un ravin où coule un petit ruisseau, qui après chaque orage devient un torrent : la roche encaissante du filon est d'ailleurs très-fissurée, et il résulte de ces deux circonstances une filtration continuelle qui, à une certaine profondeur, a rendu l'épuisement à bras impossible, bien qu'on y employât jour et nuit plus de trois cents Indiens. Dans le but sans doute de diminuer cette filtration, autant que pour éviter des éboulements dans la région moyenne des travaux où le filon a été complétement enlevé d'une salbande à l'autre, en respectant scrupuleusement les alternatives de renflement et de rétrécissement qui se sont présentées, les mineurs comblaient les travaux au fur et à mesure avec un mélange d'argile, de cailloux roulés pris dans le lit du

torrent et de déblais de l'exploitation elle-même. Lorsqu'il fallait conserver un passage ces déblais étaient soutenus par des traverses jointives allant d'un mur à l'autre (le filon est sensiblement vertical) : les bois étaient apportés à grands frais depuis la Cordillère orientale; ils appartiennent à des essences fort dures et n'ont encore éprouvé aucune altération après un séjour de plus d'un siècle dans une argile constamment humide. J'ai déjà parlé des efforts inutiles tentés, il y a à peu près cinquante ans, par un ingénieur espagnol, pour opérer l'asséchement de la mine; je vais dire en quelques mots ce qui se fait aujourd'hui.

Les espérances des entrepreneurs reposent sur les données suivantes : La mine a été abandonnée par force, à cause de l'impossibilité d'abaisser davantage le niveau des eaux; le filon dans la partie inférieure, qu'on appelle techniquement les *planes*, a conservé toute sa richesse, cela résulte au moins du petit nombre de documents officiels qui ont été conservés jusqu'ici; toute la difficulté consiste donc à rejoindre ces *planes* dont malheureusement on ignorait la profondeur, ou, pour mieux dire, on la croyait beaucoup moindre qu'elle n'est en réalité.

Ainsi qu'il arrive souvent dans des cas semblables, on se fit illusion sur l'importance des obstacles qu'il fallait vaincre, on commença par des moyens insuffisants, dont on chercha peu à peu à augmenter la puissance, mais toujours dans l'hypothèse non vérifiée qu'il n'y avait plus que quelques pieds à épuiser pour rencontrer les parties vierges; puis la nécessité de déblayer les vieux travaux au fur et à mesure qu'on gagnait en profondeur, vint compliquer le travail, dont l'issue est aujourd'hui aussi hypothétique que le premier jour.

Pour opérer l'épuisement on se sert d'un puits vertical d'une assez grande section pratiquée dans une roche non ébouleuse : on a descendu à 25 mètres au-dessous de l'orifice, dans une chambre communiquant avec le puits, une petite machine à vapeur dont la cheminée débouche dans le puits ; elle met en mouvement deux pompes, et l'eau s'écoule par une ancienne galerie d'écoulement qui sert d'entrée à la mine et débouche à quelques mètres au-dessus du ravin. On approfondit le puits au fur et à mesure que l'on pénètre dans les vieux travaux et l'on y amène, par des petites pompes à bras, toute l'eau des parties basses de la mine. La puissance de la machine est évaluée à cinq chevaux ; mais comme la chaudière est chauffée avec un mélange de *champa* et de ce combustible impur qu'on exploite aux environs du village de *Santa Ana*, on n'obtient jamais le maximum de pression de la vapeur qui est, je crois, de quatre atmosphères, et il est douteux que l'effet utile arrive à trois chevaux de force. L'épuisement n'a pas présenté jusqu'ici de très-grandes difficultés pendant la saison sèche ; mais, vers le mois de novembre, quand les orages deviennent plus fréquents, il n'est plus possible de surmonter les filtrations. Alors on démonte la machine, on ramène les pièces au jour pour les mettre à l'abri, et on laisse la mine se remplir d'eau jusqu'au mois de mars de l'année suivante, époque à laquelle on monte de nouveau la machine pour recommencer le travail pendant six ou huit mois.

Il est évident qu'une organisation pareille est vicieuse ; rien ne peut être calculé ni même prévu, et dans ces conditions la réussite de l'entreprise est un problème dont la solution bonne ou mauvaise dépend du hasard. Il aurait fallu laisser de côté les vieux travaux, où l'on avance tout à fait en aveugle, remplacer la ma-

chine de 5 chevaux par une de 25 (1), poursuivre le foncement du puits vertical et de 10 en 10 mètres percer une galerie de recherches horizontale et perpendiculaire à la direction du filon. Conçue de cette manière, et tout en conservant les chances d'incertitude relatives à la richesse du filon dans la profondeur, l'entreprise pouvait être assujettie du moins à des calculs; mais l'art de travailler régulièrement les mines est encore à peu près inconnu au Pérou, et d'ailleurs il aurait fallu se résigner d'avance à dépenser, avant d'atteindre le filon, une somme d'au moins 300.000 francs, et la société ne disposait que d'un capital moitié moindre réparti entre plusieurs exploitations. Quoi qu'il en soit, il est évident que par le procédé actuel, et en admettant même qu'on rencontre les parties encore vierges du filon, on n'arrivera à aucun résultat durable; l'insuccès ne détruirait pas les probabilités brillantes que présente l'affaire, et je n'hésiterais pas à accepter les chances d'une nouvelle tentative basée sur les données que je viens d'indiquer.

Mine de Caudalosa.

Cette mine est située à quatre lieues de distance de celle d'*Artuhuaraca*, dans un chaînon porphyrique parallèle à la chaîne principale, et dont les sommets sont couverts de neiges éternelles. C'est la seconde mine exploitée par la société restauratrice et la seule qui ait donné jusqu'à présent des produits.

Le filon est puissant et d'une allure régulière, et si la composition chimique du minerai n'en rendait le traitement impossible par les procédés en usage dans le

---

(1) Il ne faut pas perdre de vue que, dans la Cordillère du Pérou, les transports à dos de mulets sont les seuls praticables, et toute machine qui serait construite pour y être envoyée doit être composée de pièces d'assemblage dont le poids ne peut pas dépasser 150 kilogrammes.

pays et qui sont d'ailleurs les seuls praticables, la mine de *Caudalosa* donnerait, dans des circonstances locales différentes, de très-beaux résultats.

L'étendue des vieux travaux et les vastes excavations pratiquées par les Espagnols indiquent du reste que les minerais laissaient un bénéfice suffisant après le traitement par amalgamation, et malgré l'énorme perte de mercure, qui devait être alors aussi considérable qu'aujourd'hui, et qui atteint quelquefois le chiffre de trois livres par marc d'argent.

Le filon est vertical et se compose de trois zones parallèles d'une puissance moyenne de $0^m,30$. La zone centrale est formée de cuivre gris quelquefois entièrement pur ou mélangé d'une petite quantité de pyrite de fer, de blende et de galène et surtout de sulfure d'antimoine qui se rencontre fréquemment en cristaux isolés de deux ou trois pouces de long dans les cavités naturelles du filon. Quelquefois les prismes se croisent transversalement et produisent des croix tout à fait semblables aux macles. La gangue est un quartz blanc, mais la zone centrale n'en contient que par exception. Il résulte des nombreux essais auxquels le minerai a été soumis à Lima et au laboratoire de l'école des mines à Paris que la teneur minimum du cuivre gris pur est de 0,01 d'argent et 0,30 de cuivre. Le minerai mal trié, tel qu'on l'envoyait à l'usine à l'époque où j'ai visité le minéral, contient 0,005 d'argent et 0,20 de cuivre.

La zone de droite se compose d'un mélange de galène pauvre et de blende avec un peu de sulfure d'antimoine et quelques cristaux de sulfate de baryte. Dans le triage des minerais abattus on sépare à peu près tout ce qui provient de cette zone.

La zone de gauche est formée de pyrite de fer

compacte et cristallisée, de quartz blanc et de cuivre gris cristallisé en tétraèdres dans les géodes. Les minerais sont plus argentifères que ceux de la zone de droite, cependant ils n'atteignirent pas 0,003, et on les rejette aussi dans le triage.

La disposition très-régulière que je viens d'indiquer est celle qui se présente le plus ordinairement; cependant, comme tous les filons métalliques, celui de *Caudalosa* présente des renflements et des amincissements. Il arrive quelquefois que la zone centrale empiète sur les deux autres, et alors le minerai perd sa consistance et son état et se transforme en une masse terreuse d'un noir mat que les mineurs du pays désignent sous le nom de *polvorilla*. Cette masse consiste dans un mélange intime de cuivre gris et de sulfure d'antimoine désagrégés; on prétend qu'elle est assez riche en argent, mais j'ai perdu les échantillons que j'avais recueillis, et je n'ai pas pu vérifier ce fait.

Enfin, des ramifications plus ou moins importantes se détachent souvent du filon principal et sont exploitées par des galeries irrégulières qu'on abandonne lorsque la puissance du minerai riche se réduit à quelques centimètres.

La question de l'envahissement des eaux est sans importance à l'égard de *Caudalosa*, à cause de sa situation exceptionnelle dans une montagne dont la roche est difficilement perméable, et sur les flancs escarpés de laquelle les eaux s'écoulent avec rapidité; en outre, cette déclivité excessive rend très-facile le percement de galeries d'écoulement destinées à assécher les travaux au fur et à mesure qu'ils s'étendront dans la suite. Deux de ces galeries, situées à des niveaux de beaucoup inférieurs à l'entrée de la mine, laquelle se trouve à peu près au milieu de la hauteur totale de la mon-

tagne, ont été commencées par les Espagnols et poussées probablement assez loin, ainsi que l'indiquent les amas considérables de déblais qui en encombrent les abords.

Vers la base de la montagne, dans le voisinage des chaumières habitées par les ouvriers mineurs, et hors du plan du filon de *Caudalosa*, on trouve une mine remplie d'eau, mais dont l'étendue, à en juger par les déblais extérieurs, doit être peu considérable; elle est connue sous le nom de *Lanis*, et s'il faut en croire le rapport d'un mineur qui prétend l'avoir asséchée pour quelques heures et y avoir pénétré, il y existerait un filon de cuivre gris, entièrement massif et d'une très-grande puissance.

La mine de *Caudalosa* produisait en moyenne, vers la fin de 1850 avec un personnel de 20 à 25 ouvriers mineurs, 30 quintaux du pays de minerai trié, soit 1.380 kil. Il était transporté à dos de *lamas* jusqu'à l'usine de *San José* dont je dirai tout à l'heure quelques mots. Des calculs suffisamment exacts (que j'ai entrepris dans l'intérêt des exploitants mais, dont le détail n'entre pas dans le cadre de cette notice), m'ont démontré que le traitement des minerais dans le pays et avec des méthodes imparfaites, dont le moindre inconvénient est de ne pas permettre de tirer parti du cuivre qui représente cependant une valeur de 750 francs par jour à la teneur de 20 p. 100, ne laissait à la société qu'un bénéfice insignifiant; et que la seule manière de tirer de la mine tout le parti dont elle est susceptible serait d'activer l'exploitation de manière à produire 3 à 4 tonnes par jour, et de transporter le minerai jusqu'au port de *Pisco* qui n'est éloigné que de trente lieues, pour l'envoyer de là en Angleterre ou en France, où il serait vendu à des prix avantageux.

Je suis parvenu à ce résultat qu'au lieu du bénéfice

actuel qui arrive tout au plus à 130 francs par tonne, on obtiendrait par la vente au port même de Pisco un produit net de 463 francs, qui serait porté à plus de 700 francs si l'on envoyait les minerais jusqu'en Angleterre pour le compte de la société.

Ce système n'a d'autre inconvénient que d'exiger la mise dehors d'un certain capital destiné à couvrir les frais d'exploitation et de transport jusqu'à la réalisation du minerai, c'est-à-dire pendant une année au moins, et par les motifs que j'ai indiqués plus haut la société est hors d'état de fournir ce capital. En termes généraux on peut dire que toute l'industrie péruvienne est dans le même cas et qu'il est fort peu de mineurs qui disposent d'un fonds de roulement suffisant, et qui n'attendent après les produits de leurs mines pour couvrir les frais qu'elles occasionnent.

Mines de San Francisco.

A deux lieues de *Caudalosa*, en suivant l'une des routes qui conduit au village de *Castro-Vireyna*, on traverse le *cerro de San Francisco* où se trouvent des traces nombreuses d'exploitations anciennes. Il y a quatre ans on a pénétré dans les parties supérieures de celle des mines que la tradition indiquait comme ayant été la plus riche et on a eu le temps d'enlever un massif respecté par les anciens exploitants. Je me suis procuré d'assez beaux échantillons provenant de ce massif; ils renferment de l'argent rouge antimonial à structure cristalline disséminé dans du quartz, et ils produisent en moyenne de 5 à 6 p. 100 d'argent: l'un de ces échantillons est composé d'argent rouge, d'argent sulfuré et natif sans mélange de gangue. Aujourd'hui les travaux de *San Francisco* sont abandonnés malgré cette preuve positive de la richesse du minerai.

Au pied du *Cerro de San Francisco* se trouve le lac du même nom entouré depuis l'est jusqu'au nord-ouest

de montagnes escarpées qui semblent former la partie centrale du minéral tant à cause du grand nombre de mines abandonnées qui s'y trouvent que par celui des miues riches dont la tradition a conservé les noms. Il serait superflu d'entrer ici dans la nomenclature de toutes ces mines où l'on ne peut plus pénétrer sans de grandes dépenses préalables; je citerai seulement celle de la *Vireyna*, de laquelle on ne raconte pas moins de merveilles que de celle d'*Astuhuaraca*, et dont on assure que les *planes* produisaient en abondance un minerai qui renfermait plus de 50 p. 100 d'argent à l'époque de leur envahissement par les eaux.

Usine de San José. Le village de *Castro-Vireyna* est situé sur la limite occidentale du minéral, à l'origine d'une ruine qui conduit jusqu'à *Pisco* le trop-plein du lac de *San Francisco*; l'usine de *San José* se trouve à une demi-lieue plus bas que le village dans le fond même du ravin. C'est un ancien *ingenio* presqu'en ruines, comme tous ceux dont on rencontre les traces nombreuses sur les bords du torrent, et que la société de *Castro-Vireyna* a restauré tant bien que mal pour y traiter les minerais de *Caudalosa*.

L'usine se compose : 1° d'une machine pour broyer à sec, appelée *rastra*; elle consiste dans un axe vertical auquel est adaptée vers le bas une espèce de roue horizontale mise en mouvement par l'eau qui descend dans un canal incliné et vient frapper avec sa vitesse acquise des aubes entaillées grossièrement dans la roue. L'appareil moteur est couvert par une voûte sphérique en pierres sèches, percée au milieu pour laisser passer l'axe et sur laquelle on installe avec de gros blocs de porphyre dressés sur une face un espèce de plan ou sole qui reçoit le minerai. L'axe met en mouvement au moyen de bras perpendiculaires et de fortes lanières de

cuir deux pierres de porphyre percées d'un trou vers une de leurs extrémités pour attacher la lanière de cuir. C'est le frottement de ces deux pierres sur la sole qui broie le minerai que l'on tamise au fur et à mesure pour rejeter le menu sur la sole.

2° De deux fourneaux de grillage en grosses briques de terre non cuite et dont la construction est si vicieuse que les fumées antimoniales et sulfureuses sortent presque entièrement par la porte qui ouvre sous la halle des fourneaux au lieu de se dégager par les deux cheminées que porte chaque fourneau ; ces cheminées ont évidemment une section insuffisante pour déterminer le tirage. Le combustible employé au grillage est, comme a *Pucará*, la fiente de lamas recueillie sur les montagnes environnantes. Le minerai moulu et tamisé est mélangé avec une certaine quantité de *relaves* provenant des opérations précédentes, afin d'empêcher qu'il ne s'agglomère pendant la première période du grillage, plus on l'étend en couche mince sur la sole du fourneau. On chauffe avec précaution d'abord en remuant constamment les farines avec une sorte de pelle en fer, puis on augmente peu à peu la température, mais sans dépasser cependant le rouge sombre; il se dégage d'épaisses fumées blanches qui entraînent sans aucun doute une grande quantité d'argent et au bout de douze heures à peu près, lorsque le *beneficiador*, qui dirige toutes les opérations techniques de l'usine, juge que la matière est suffisamment grillée, on la retire et on la transporte au *patio* d'amalgamation. On a remarqué que toutes les fois que le grillage est poussé trop loin, c'est-à-dire jusqu'à ce que les farines lavées dans une petite assiette de bois ne laissent plus de résidu de minerai non grillé et possédant encore l'éclat métallique, on

n'obtient que peu ou point d'argent dans l'opération qui suit.

Le *patio*, ou cour d'amalgamation, est grossièrement dallé avec des pierres plates et du ciment : on y dispose le minerai grillé par petits tas de six quintaux, on y ajoute du sel marin et de l'eau en quantité suffisante pour faire une boue épaisse, et on fait piétiner ces tas par des ouvriers jusqu'à ce que le mélange soit complet : le reste de l'opération ne diffère en rien de l'amalgamation pratiquée au Mexique. Après le lavage des tas qui a lieu ordinairement au bout de huit jours, et la distillation de l'amalgame solide ou *pella*, il est rare que la perte de mercure ne dépasse pas deux livres par marc d'argent obtenu.

On a essayé d'employer à l'usine de *San José* un procédé très-connu en Bolivie où on lui donne le nom de méthode par *cocimiento*. L'amalgamation s'effectue, il est vrai, beaucoup plus rapidement ; mais les frais d'installation sont plus considérables que pour le *patio*, et loin de diminuer la perte de mercure, ainsi qu'on l'espérait, on en a perdu jusqu'à trois livres par marc d'argent.

L'appareil consiste dans une série de calottes sphériques en cuivre rouge fondu le plus pur et le plus malléable possible. Ces calottes ont 0^m,75 à 0^m,80 d'ouverture sur 0^m,30 à 0^m,35 de profondeur ; elles sont chauffées par-dessous avec des broussailles et peuvent contenir près de deux quintaux de minerai grillé. Lorsque celui-ci est chargé dans les calottes auxquelles on donne le nom de *fundos de cobre*, on y ajoute du sel marin et assez d'eau pour former une bouillie très-liquide. On chauffe et on remue sans cesse avec une grosse branche d'arbre. Lorsque la température est voisine de l'ébullition on introduit successivement le

mercure dont on a déterminé d'avance la quantité totale par un essai en petit, et on continue à remuer jusqu'à la fin de l'opération, qui dure ordinairement douze heures ; on a soin en même temps de remplacer au fur et à mesure l'eau qui s'évapore. Au bout de douze heures environ on cesse de chauffer, on fait entrer un filet d'eau par un des côtés de la cuve et on remue doucement de manière que le trop-plein s'écoule par le côté opposé en entraînant les farines, tandis que l'amalgame à demi liquide se réunit au fond.

On assure qu'en Bolivie ce procédé ne donne que très-peu de perte de mercure, attendu que si ce métal se chlorure par l'action du sel marin et de la chaleur le chlorure se réduit au contact du cuivre. Il est probable alors que la perte énorme soufferte à San José provient de ce que le minerai de *Caudalausa* contenant beaucoup de cuivre, il se forme pendant le grillage du sulfate en très-grande quantité et dans les cuves une proportion correspondante de chlorure de cuivre qui attaque le mercure malgré la présence du cuivre métallique dont l'action devient insuffisante. Un autre inconvénient que présente l'emploi des oxydes en cuivre, c'est qu'il arrive souvent, malgré toutes les précautions, que le mercure attaque le fond de la cuve, et celle-ci alors se perce avec une grande rapidité.

Par l'un ou l'autre de ces deux procédés, les minerais de *Caudalosa*, dont la teneur moyenne est de 0,005 d'argent et 0,20 de cuivre, ne rendent guère que 0,0015 à 0,0025 d'argent, et le cuivre est entièrement perdu. En tenant compte de la perte de mercure et en calculant, aussi exactement qu'il est possible de le faire en l'absence de toute comptabilité régulière, les frais d'extraction et de traitement, j'ai trouvé que le produit net est d'environ 130 fr. par tonne de minerai, tandis qu'en

transportant ceux-ci au port de *Pisco* et les envoyant en Angleterre, où ils peuvent être vendus sur le pied de 1.120 fr. la tonne, il resterait un bénéfice net d'au moins 700 fr. par tonne.

Terrain carbonifère de Castro-Vireyna.

A une lieue vers le sud du village de *Castro-Vireyna*, j'ai eu occasion d'examiner des affleurements de combustible minéral qui venaient d'être récemment découverts. Ils se trouvent vers la partie supérieure d'une montagne assez élevée, sur la rive gauche du torrent qui descend du lac de *San Francisco*. J'ai constaté l'existence de deux couches distinctes, parallèles, distantes de quelques mètres l'une de l'autre, et inclinées à 35 ou 40 degrés. Le combustible est terreux, de très-mauvaise qualité et tout à fait analogue à celui de *Santa Ana*, dont on se sert pour chauffer la machine à vapeur d'*Astuhuaraca*. Les deux couches ont chacune près d'un mètre de puissance et sont formées de petites veinules de charbon à peu près pur, noir et brillant, alternant avec des veines plus épaisses d'une terre brune, endurcie, qui contient un peu de bitume ; elles sont enclavées dans un quartzite très-dur alternant avec un grès à grain fin qui se sépare naturellement en plaques minces et passe au calcaire siliceux, qui forme des couches assez puissantes au-dessous du grès ; enfin, la base de la montagne se compose d'assises porphyriques avec rognons irréguliers de quartz compact de diverses couleurs, parmi lesquelles le rouge et le vert dominent : d'autres assises porphyriques recouvrent le gisement carbonifère. La *fig.* 8 donne une idée exacte de la coupe de ce terrain, et l'on voit qu'il forme une espèce de calotte sphérique dont les bords sont partout relevés : dans quelques points le relèvement donne aux couches une inclinaison de 40°. Vers le nord, et de l'autre côté d'une vallée assez large, j'ai retrouvé égalpment sur

divers points les affleurements de deux couches de charbon terreux accompagnées des mêmes couches de quartzites, de grès compact à grain très-fin et de calcaire siliceux. Seulement le terrain carbonifère occupe la base des montagnes, son étendue paraît très-considérable et on peut le suivre très-nettement jusqu'à près de deux lieues de distance. Il est recouvert d'assises très-puissantes et presque horizontales d'un grès qui semble parfois tourner au porphyre, et enfin la partie supérieure des montagnes est formée par des couches de porphyre brun parallèles à celles du grès et du terrain carbonifère de la base.

La province de *Castro-Vireyna*, sous les deux points de vue industriel et scientifique, mérite d'être étudiée plus complétement que je n'ai pu le faire en quelques jours pendant la saison des orages qui rendent les excursions presque impossibles, et lorsque l'objet de ma mission était de rendre compte au gouvernement péruvien de l'état des deux mines d'*Astuhuaraca* et de *Caudalosa*, en même temps que d'indiquer au directeur de la société la meilleure marche à suivre pour obtenir des résultats plus avantageux que ceux que l'entreprise a donnés jusqu'à présent. Aujourd'hui, et par suite d'un traité que j'ai conclu avant mon départ avec le colonel Salaverry, directeur de la société de *Castro-Vireyna*, il est probable que l'exploitation de *Caudalosa* se fera incessamment pour le compte d'une compagnie française qui importera les minerais en France, s'il est possible de les y traiter avec avantage. J'aurai nécessairement de fréquentes occasions, à mon retour au Pérou, de parcourir dans tous les sens le minéral de *Castro-Vireyna* et je me propose d'en dresser alors une carte géologique complète.

Mon itinéraire touche à sa fin et il ne reste plus qu'à

De Castro-Vireyna à Pisco.

redescendre jusqu'à la mer sur le versant occidental de la Cordillère. Au lieu de suivre la vallée qui prend son origine à *Castro-Vireyna* et aboutit à une plaine de sable, à peu de distance de *Pisco*, j'ai laissé cette vallée sur la gauche à partir du petit *pueblo* de *Cinto*, j'ai traversé un des contre-forts de la grande chaîne jusqu'à la vallée de *Huaitará*, dont les eaux descendent aussi jusqu'à *Pisco*. J'ai franchi ensuite et déjà un peu plus près de la mer un second contre-fort jusqu'à la vallée d'*Yca*. Cette dernière ville, capitale d'une des provinces agricoles du Pérou, est située vers le milieu d'une plaine sablonneuse de huit à dix lieues de large, qui s'étend parallèlement à l'océan Pacifique et continue vers le nord jusqu'à *Lima*. Partout où les irrigations artificielles sont possibles, le sol de cette plaine est d'une admirable fertilité; le reste, et c'est malheureusement la plus grande partie, est absolument dépourvu de toute végétation.

Depuis *Castro-Vireyna* jusqu'au *pueblo* de *Cuchicaucha*, qui se trouve de l'autre côté du premier contre-fort, dans la vallée de *Huaitará*, le chemin très-accidenté offre une succession non interrompue de montées et de descentes. On ne rencontre que des porphyres stratifiés qui varient à l'infini de couleur et de nature : très-fréquemment ils sont sillonnés de veinules irrégulières de carbonate de chaux lamellaire et même régulièrement cristallisé dans quelques géodes. Les veinules de quartz apparaissent aussi, mais plus rarement. Au milieu des porphyres, j'ai remarqué parfois des couches d'une argile rouge, feuilletée. Vers le milieu de la dernière descente qui mène à *Cuchicaucha*, les veinules de carbonate de chaux et de quartz laiteux dans les porphyres deviennent très-abondantes; dans quelques rares géodes les cristaux de chaux carbonatée affectent

la forme du rhomboèdre primitif. Fréquemment aussi l'aspect du porphyre est remarquable en ce sens que les cristaux de feldspath, plus nets que d'ordinaire, sont très-longs et très-minces et se croisent dans toutes les directions, de manière à imiter assez bien les caractères arabes et à produire ainsi une sorte de *porphyre graphique*. On trouve en outre des porphyres amygdaloïdes avec noyaux feldspathiques; ceux-ci sont blancs et à demi décomposés et quelquefois même le noyau est entièrement vide : quelquefois il est rempli de feldspath semi-transparent et lamellaire. J'ai observé plus rarement des porphyres amygdaloïdes dont les noyaux assez volumineux sont formés d'une substance de peu de dureté et d'un beau vert d'émeraude. Enfin, une quatrième espèce renferme cette même substance verte, non plus à l'état d'amandes mais bien à celui de petites veinules irrégulières.

A une lieue de *Cuchicaucha*, au milieu des porphyres amygdaloïdes, on trouve un porphyre rouge en décomposition, affleurant sur une étendue de 25 à 30 mètres carrés. Il est traversé par de petites veinules d'une substance blanche et terreuse, ce qui ne permet pas de douter qu'il ne se soit décomposé sur place; mais ce qu'il offre de plus remarquable, c'est qu'il contient une immense quantité de petits cristaux isolés de grenats rouges en dodécaèdres trapézoïdaux. Parmi les échantillons dont j'ai fait la remise à l'École des mines, il s'en trouve deux qui appartiennent à cette localité.

Depuis *Cuchicaucha* jusqu'à *Humitara* le chemin côtoie la vallée : pendant les quatre premières lieues, on rencontre une succession non interrompue de porphyres bigarrés dont la stratification tourmentée et discordante annonce le voisinage et la pression puissante des roches granitiques. Aux porphyres succède une alter-

nance de couches de quartzites compacts, grenus, grisâtres, avec veinules de quartz blanc et de couches de schistes argileux légèrement micacés, presque noirs comme le schiste ardoisé, mais d'une schistosité beaucoup plus irrégulière. Les couches à peu près verticales inclinent au sud-est et sont relevées parallèlement à la Cordillère. Enfin, à peu de distance de *Huaitará*, on passe au pied d'un autre escarpement vertical où l'on ne voit plus de traces de stratification. Le terrain de nature argileuse et de couleurs diverses qui tirent plus ou moins sur le blanc et le jaune, ressemble à une vaste mosaïque irrégulière à cause des nombreuses failles ou filons argileux qui séparent des espaces de couleurs diverses. Ce terrain s'assimile parfaitement, par son aspect et sa nature, à ces tufs indéfinissables dont M. Domeyko a signalé l'existence au Chili et qui se rencontrent fréquemment sur la limite du terrain stratifié et du terrain granitique. En effet, en traversant le ravin du *Rio de Huaitará*, on trouve au-dessous du terrain stratifié un granite très-micacé et mélangé de noyaux granitiques presque noirs aux environs du contact. Là le terrain stratifié se compose de couches d'une nature qu'il est difficile de spécifier et qui sont surtout remarquables parce qu'ils contiennent un très-grand nombre de petits filons irréguliers de gypse.

Mines d'or. Nous trouvons encore ici une nouvelle vérification de ce qui a été dit plus haut à l'égard de la distribution relative des filons aurifères et argentifères; plusieurs mines d'or ont été exploitées dans les environs de *Huaitará*, et toutes celles dont j'ai pu constater la situation par les déblais qui encombrent l'orifice des galeries sont situées dans le granite à l'est et au sud-est de la ville; d'un autre côté, un petit lambeau de terrain stratifié, isolé sur le granite au milieu de la vallée, con-

tient trois filons irréguliers dont les affleurements sont à découvert sur plusieurs points, et dont le minerai composé d'un mélange de quartz compacte, de gypse et de silicate de cuivre, donne à l'essai en petit par amalgamation 0,002 à 0,003 d'argent.

Je regrette que les limites étroites de cette notice et son but exclusivement géologique ne me permettent pas d'entrer dans quelques détails sur les constructions indiennes dont on retrouve encore de nombreux vestiges dans toute l'étendue du Pérou; les routes des Incas qui franchissaient, toujours en droite ligne, les précipices et les montagnes, les vastes canaux d'irrigation que les conquérants ont négligé d'entretenir et qui rendraient aujourd'hui de si grands services à l'agriculture, les terrassements gigantesques échelonnés sur le fleuve des montagnes, alors que l'accroissement rapide de la population ayant fait craindre la famine, l'Inca jugea nécessaire de doubler la surface du terrain cultivable, mériteraient sans doute une description détaillée, mais qui ne serait pas ici à sa place.

Pour se rendre de *Huaitará* à *Támbillos*, il faut encore franchir un contre-fort de la Cordillère. La base est toujours du granite; mais en face, sur la rive droite de la vallée, on aperçoit le terrain stratifié qui continue fort loin vers le sud-ouest. Après avoir franchi la cime du contre-fort et en commençant à descendre du côté de *Tambillos*, on retrouve le terrain stratifié inclinant au sud-est; il se compose de puissantes assises d'un calcaire compacte presque noir avec de rares veinules de calcaire saccharoïde. Il repose immédiatement sur le granite autour duquel il se relève et il est d'une grande épaisseur, car il constitue deux ou trois montagnes fort élevées sur la droite du chemin. Je suis porté à croire

qu'il appartient à la formation crétacée, tandis que le terrain stratifié qui avoisine la ligne de faîte de la grande chaîne, ainsi que celui qui se trouve sur le versant oriental, fait partie de la formation jurassique. En continuant à descendre, après avoir suivi le calcaire pendant une lieue et demie, on trouve un porphyre stratifié qui passe bientôt à un granite porphyroïde dans lequel il n'y a plus de traces de stratification. Depuis *Tambillos* jusqu'à l'extrémité de la vallée qui se termine à la plaine de sables dans laquelle est située la ville d'*Yca*, on ne rencontre que le terrain granitique dont l'aspect et la composition sont beaucoup moins variés qu'au Chili. Seulement, à partir de *Tambillos*, l'amphibole remplace presque constamment le mica et forme assez souvent de gros cristaux prismatiques empâtés dans le feldspath et le quartz : quelquefois aussi le quartz disparaît complétement pour ne plus laisser qu'une masse d'un noir verdâtre dans laquelle le feldspath devient même très-rare. On remarque surtout cette circonstance dans de nombreux noyaux irréguliers disséminés au milieu du granite.

Depuis *Yca* jusqu'à *Pisco*, où n'a plus à faire d'observations géologiques : le chemin traverse une plaine de sables légèrement ondulée et au milieu de laquelle apparaissent quelques montagnes peu élevées qui sont presque entièrement couvertes de sable. A peu de distance de *Pisco*, le sol est recouvert de place en place par une croûte saline de 10 à 15 centimètres d'épaisseur et qui se compose en grande partie de sel marin mélangé de petits grains siliceux. Cette circonstance se reproduit fréquemment sur la côte du Pérou, où le sel marin et le nitrate de soude sont très-abondants; elle est à peu près générale dans toute la province de *Tarapaca*, qui produit de très-grandes quantités de nitrate de

soude. Le cerro de *Huantajaya*, que j'ai eu occasion de visiter en 1848 et qui a produit pendant les deux premiers siècles de la conquête d'immenses quantités d'argent, est presque partout recouvert d'une croûte de sel marin mélangé d'argile, et des concrétions semblables se forment encore aujourd'hui à l'entrée des galeries de mines abandonnées. Cette montagne est située à une lieue à peu près de la mer et à deux lieues au plus du petit port d'*Iquique*; il n'y pleut jamais et il est probable que le sel imprégné dans le terrain argileux qui se trouve à la surface se déplace lentement et comme par une espèce de transpiration sous l'influence des rosées et des brouillards qui règnent pendant une partie de l'année.

Iles de Chincha.

En face le port de *Pisco* se trouvent les îlots de *Chincha*, recouverts d'une couche de *guano*, qui atteint jusqu'à 20 mètres d'épaisseur. La roche sur laquelle est déposé cet engrais animal est une pegmatite très-dure qui présente de loin toutes les apparences d'une stratification régulière.

Mes observations géologiques se terminent ici, car, pressé par le temps, j'ai dû m'embarquer à *Pisco* pour me rendre à *Lima*. J'avais l'intention d'ajouter quelques détails sur les divers procédés d'amalgamation en usage au Chili et au Pérou, mais devant retourner très-incessamment dans l'Amérique du Sud, j'en profiterai pour étudier plus complétement cette question sur laquelle je crois qu'il y a encore beaucoup à dire, et j'en ferai l'objet d'une notice séparée.

RAPPORT

A LA COMMISSION CENTRALE DES MACHINES A VAPEUR

SUR

L'EXPLOSION D'UN CYLINDRE SÉCHEUR

DANS UNE FABRIQUE, A LILLE.

Dans sa séance du 26 juillet 1852, la commission, sur le renvoi de M. le ministre des travaux publics, en date du 28 avril 1852, a pris connaissance des pièces concernant l'explosion d'un cylindre sécheur dans une fabrique à Lille, et elle a entendu la lecture du rapport suivant, rédigé par son secrétaire.

Le 23 mars dernier, dans une teinturerie de Lille appartenant au sieur Descat-Leleux, l'explosion d'un cylindre sécheur a tué, sur le coup, deux ouvriers et blessé grièvement un troisième. Prévenu dès le lendemain matin, M. Meugy, ingénieur ordinaire des mines, s'est transporté immédiatement sur les lieux, et a recueilli tous les éléments d'un rapport détaillé.

Cette explosion a été terrible. Non-seulement les trois ouvriers présents ont été frappés comme je l'ai dit, mais le désastre aurait pu être bien plus grand encore, puisqu'un des rouleaux, après avoir fracassé le crâne du contre-maître Fauvelle fils, a été traverser la croisée de l'atelier pour retomber, d'un deuxième étage, dans

la cour, où il aurait pu causer de nouveaux malheurs. La machine a volé en mille éclats, l'arbre en fer d'un des rouleaux a été brisé par le milieu, et ce sont ses débris qui ont tué l'ouvrier Delattre, renversé et blessé Fauvelle père, pendant que le cylindre sécheur était lancé au sommet de l'atelier sur une pièce de charpente où on l'a retrouvé déchiré et complétement déformé.

L'appareil se composait essentiellement du cylindre sécheur dont il vient d'être parlé et qui avait 0m,56 de diamètre, de deux autres cylindres d'un diamètre moitié moindre disposés au-dessous du premier, les axes de ces trois cylindres étant placés parallèlement. Des petits tuyaux qui sont les ramifications d'un tuyau principal partant du générateur, amènent par une des extrémités de ces cylindres la vapeur qui se condense en partie, et dont l'autre partie s'échappe par un tube adapté à l'extrémité opposée. Tous ces tuyaux, ceux d'entrée comme ceux de sortie, sont munis de robinets qui sont entièrement à la disposition des ouvriers, et que ceux-ci ouvrent ou ferment à volonté suivant qu'ils ont besoin d'échauffer plus ou moins les cylindres, car le séchage des tissus se fait en trois opérations successives pour chacune desquelles la température doit être croissante ; et il faut le dire, quand les ouvriers jugent que l'échauffement des cylindres n'est pas suffisant ils ne craignent pas de fermer le robinet d'échappement de manière à utiliser entièrement la température correspondante à la tension de la vapeur. Nous touchons là à l'une des causes de l'accident.

L'opération en était au troisième passage de l'étoffe sur les cylindres, à celui qui exige la plus haute température, et il résulte du rapport des ingénieurs que le robinet fixé au tuyau de sortie était fermé. Assurément

c'est là une pratique dangereuse, car l'élévation de température qui se produit peut déterminer la vaporisation subite d'une partie de l'eau chaude accumulée dans les cylindres; mais en définitive l'appareil se trouve là dans les conditions d'un espace clos en communication directe avec le générateur; on peut même admettre, vu la grande distance qui séparait les cylindres du générateur, qu'en général la tension de la vapeur dans leur intérieur doit être inférieure d'une fraction d'atmosphère à celle existant dans le générateur, et si cet appareil avait été, dans toutes ses parties, construit en conformité des règlements, il est fort probable que le déplorable accident dont nous nous occupons n'aurait pas eu lieu. Loin de là de nombreuses irrégularités existaient, et c'est ici que commence pour le sieur Descat-Leleux l'exposé des faits qui font peser sur lui une grave responsabilité.

Une des chaudières qui existent dans l'atelier du sieur Descat-Leleux est spécialement destinée au chauffage des cylindres sécheurs. Cette chaudière est timbrée pour 5 atmosphères, mais ne marche jamais au-dessus de 3 ou 3 1/4 au plus. Quelques minutes avant l'accident, le contre-maître Fauvelle fils était descendu près du chauffeur pour le prévenir que la vapeur ne suffisait pas au travail; en ce moment le manomètre à air libre marquait 2 atm. 8/10 et le chauffeur se mit à activer le feu. En admettant donc que la tension de la vapeur se soit élevée dans le générateur jusqu'à 3 atm. 1/4, limite qu'elle ne dépasse pas habituellement, elle pouvait être réduite à 2 1/2 ou 3 dans les cylindres sécheurs. Or, si l'on calcule par la formule réglementaire l'épaisseur des cylindres en cuivre destinés à supporter une pression totale de 2 atm. seu-

lement, on trouve que cette épaisseur doit être de $0^{m},004$ au moins. L'épaisseur du cylindre qui a fait explosion était de $0^{m},0015$ à $0^{m},002$ au plus. Comment se fait-il que de tels cylindres aient été tolérés? La réponse est que ces appareils n'étaient pas autorisés et que, placés à un second étage, ils avaient complétement échappé au contrôle des ingénieurs.

Vainement le sieur Descat-Leleux dira-t-il que ses appareils fonctionnaient depuis douze ans et que jamais le moindre accident ne s'est produit; ces faits, qui paraissent exacts, ne prouvent qu'une chose : c'est que le séchage s'opère constamment à une température assez basse, et que la vapeur s'est toujours trouvée dans les cylindres à une faible tension. Mais le sieur Descat n'a pu ignorer l'existence de la circulaire du 30 janvier 1845, laquelle a précisement pour objet de signaler les cylindres sécheurs comme devant être assujettis à la surveillance administrative et au régime des permissions prescrit par l'ordonnance du 22 mai 1843; il serait d'autant moins admissible à prétexter son ignorance que les dispositions de cette circulaire ont été rappelées par un arrêté préfectoral du 29 mai 1845 inséré dans le Recueil des actes de la préfecture du Nord, affiché et publié dans les journaux du département.

En présence de tous ces faits, j'ai pensé que les seules conclusions du présent rapport devaient être : 1° d'approuver la conduite qu'ont tenue les ingénieurs du Nord en déférant à M. le procureur de la république à Lille le rapport dans lequel ils ont fait connaître l'infraction commise par le sieur Descat-Leleux; 2° conformément au vœu de ces ingénieurs, d'appeler l'attention de M. le ministre sur la nécessité de la loi pénale annoncée depuis longtemps comme santion de l'ordon-

nance du 22 mai 1843, loi à défaut de laquelle les prescriptions réglementaires peuvent presque impunément être éludées sans que les fonctionnaires chargés de la surveillance aient à leur disposition des moyens efficaces pour réprimer les contraventions et faire cesser les abus. L'administration, en effet, n'a d'autre moyen coercitif que l'interdiction, moyen extrême devant lequel on recule presque toujours, parce qu'il retombe de tout son poids sur les nombreux ouvriers qui se trouvent alors privés de travail.

Paris, 26 juillet 1852.

Le secrétaire de la commission,
H. Fournel.

Le président de la commission,
L. Cordier.

DESCRIPTION ET CLASSIFICATION

DES HOUILLES DE LA LOIRE (*);

Par M. L. GRUNER, ingénieur en chef des mines.

Le bassin houiller de la Loire est le plus important des dépôts carbonifères du centre de la France, tant par le nombre et la puissance de ses couches que par la variété et la pureté de ses charbons.

Le nombre total des couches de houille, ayant plus de 1 mètre, est de vingt-huit à trente, et leur puissance réunie de 40 à 50 mètres (2). Les couches sont inégalement réparties dans l'intérieur du bassin. Réunies par groupes, elles constituent quatre systèmes ou faisceaux, entre lesquels se trouvent de puissants massifs stériles, composés de poudingues et de grès plus ou moins grossiers.

Ce sont, de bas en haut :

1° Le système de Rive-de-Gier, comprenant quatre couches;

2° Le système inférieur de Saint-Étienne, renfermant sept couches;

---

(1) Quelques-uns des essais cités dans ce travail ont déjà été publiés en 1842, dans mon rapport sur les travaux du laboratoire de Saint-Étienne pendant l'année 1841. (*Voyez* le tome Ier de la 4e série des *Annales des mines*, page 701.) Mais alors le nombre restreint des expériences ne permettait pas encore de grouper toutes les houilles d'une manière naturelle.

(2) *Voyez* la nouvelle carte du bassin houiller avec texte.

3° Le système moyen de Saint-Étienne avec neuf ou dix couches ;

4° Le système supérieur de Saint-Étienne, formé de huit couches.

En soumettant à des essais chimiques la plupart des houilles de ces quatre séries, j'ai voulu, non-seulement étudier leurs propriétés, déterminer leur composition, les diviser par groupes et classes, mais encore arriver à la solution de cette question intéressante, s'il y a un rapport quelconque entre la nature des houilles et leur position dans l'intérieur du bassin ; c'est-à-dire, si la houille d'une couche déterminée reste, ou non, semblable à elle-même ; si les charbons d'une même série, mais de couches différentes, sont aussi liés entre eux par un certain ensemble de qualités communes ; si les combustibles des systèmes inférieurs sont, comme on est généralement porté à le croire, plus anthraciteux que ceux des systèmes supérieurs ; enfin, s'il existe, au point de vue de leur nature intime, un lien quelconque entre les houilles d'un même district, indépendamment du système auquel ils appartiennent.

Mode d'essai. Pour l'étude de ces diverses questions, j'avais à choisir entre deux modes d'analyse : l'analyse *élémentaire*, qui fixe les quantités relatives de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, et l'analyse *immédiate*, où l'on se contente de déterminer les proportions respectives de coke, de matières volatiles et de cendres.

La première méthode a été suivie par M. Regnault, dans le travail qu'il publia, en 1837, sur les combustibles minéraux. Mais ce savant avait moins en vue la classification des combustibles et l'étude de leurs propriétés essentielles, que l'examen pur et simple des proportions relatives de leurs éléments constituants. Sa division même des houilles, en cinq classes, repose

exclusivement sur leurs propriétés industrielles, c'est-à-dire sur les modifications diverses que ces combustibles éprouvent sous l'action du feu.

D'ailleurs, les recherches de M. Regnault permettent de déduire, d'une manière assez approximative, la composition élémentaire des chiffres de l'analyse immédiate, surtout lorsqu'on ne se contente pas d'une carbonisation rapide, mais que l'on détermine aussi, à l'aide d'une distillation lente, les proportions relatives de bitume et d'eau ammoniacale, et que l'on observe, en outre, avec soin, comment les houilles se comportent dans les diverses phases de la distillation.

Il résulte, en effet, des analyses de M. Regnault, lorsqu'on les compare aux éléments de l'eau, aux analyses connues des bitumes et aux résultats de mes propres essais sur la carbonisation lente dans une cornue de verre :

1° Que les houilles qui fournissent à la distillation peu de bitume et fort peu d'eau sont à la fois pauvres en hydrogène et pauvres en oxygène ;

2° Que celles qui dégagent beaucoup de bitume, mêlée à une faible quantité d'eau, renferment une proportion élevée d'hydrogène et une dose peu considérable d'oxygène ;

3° Enfin, que l'abondance simultanée de bitume et d'eau annonce toujours une teneur élevée tant en hydrogène qu'en oxygène.

D'après cela, j'ai cru pouvoir me borner à l'analyse immédiate, et les résultats obtenus prouvent, en effet, que la méthode suivie permet de classer les diverses houilles, d'une manière très-naturelle, conforme à l'ensemble de leurs propriétés essentielles. J'indiquerai, au reste, en partant du travail de M. Regnault et d'après les proportions relatives de bitume et d'eau, entre

quelles limites extrêmes doit se trouver renfermée la composition élémentaire de chacune des principales sortes de houille.

Choix des échantillons.

Tandis que M. Regnault a fait choix, pour toutes ses analyses, d'échantillons d'une pureté exceptionnelle, afin que la présence des cendres eut une influence moindre sur le résultat de l'analyse, j'ai cherché, au contraire, à opérer sur des fragments ordinaires, c'est-à-dire, autant que possible, sur les combustibles, tels qu'on les emploie dans les arts.

J'ai aussi essayé, dans certains cas, concurremment le menu et le gros; et, pour être assuré que les conditions dont je viens de parler fussent exactement remplies, j'ai recueilli moi-même, dans l'intérieur des mines, les divers échantillons.

Toutes les houilles ont été essayées, de la même manière, par calcination, dans un creuset de platine bien fermé, lui-même placé dans un creuset de terre, dont le vide était comblé avec de petits fragments de charbon de bois. J'ai presque toujours opéré sur 30 grammes de houille; mais, pour avoir une moyenne plus exacte, on les prenait au hasard dans une masse, bien concassée et mêlée, pesant, le plus souvent, au moins 1 kilogramme. Le coke, provenant des 30 grammes de houille calcinée, était presque tout entier finement pulvérisé; puis 2 grammes de la poudre ainsi obtenue était incinérée dans une capsule de platine, chauffée au rouge dans la mouffle d'un four de coupellation. On était ainsi dispensé d'agiter la matière, ce qui est toujours une cause de perte.

Distillation lente.

Quelques houilles bien caractérisées de chaque classe furent, en outre, soumises à une distillation lente dans une cornue de verre. On recevait le bitume et l'eau dans une fiole tarée d'avance, et on tenait compte des ma-

tières retenues par le col de la cornue. On séparait l'eau, moins dense, à l'aide d'un petit entonnoir très-effilé, et on la pesait enfin directement dans une très-petite capsule de porcelaine. A la vérité, la matière huileuse retient toujours un peu d'eau, mais comme cette faible erreur a constamment lieu dans le même sens, les résultats obtenus peuvent néanmoins être consultés avec fruit, lorsqu'on veut apprécier le degré d'oxygénation relative des divers échantillons.

En général, j'ai opéré ces distillations sur 15 à 20 grammes, et on a constamment pesé le combustible après son introduction dans la cornue de verre. Pour toutes ces opérations, je me suis servi d'une balance de précision donnant les milligrammes.

On chauffait jusqu'au ramollissement du verre, et le coke obtenu était ensuite recalciné au rouge intense dans le creuset de platine, ce qui lui faisait perdre encore 2 à 4 p. 100 de son poids.

Enfin, j'ai opéré quelques distillations, dans un simple tube de verre, sur environ 2 grammes, pour déterminer, sur la cuve à mercure, le volume de gaz qui se dégage d'une houille lorsqu'on la soumet, en vase clos, à une température lentement croissante.

J'ai ainsi essayé plus de cinquante échantillons différents, et j'ai réuni les résultats obtenus dans les tableaux qui terminent ce travail.

Une première colonne indique l'origine des houilles; les trois suivantes, les proportions relatives de matières volatiles, de charbon et de cendres.

Une cinquième colonne donne la quantité de cendres par 100 de coke. La sixième renferme le rapport entre les matières volatiles et la houille, supposée privée de cendres. Ce chiffre seul, joint à l'aspect du coke, suffit, dans la plupart des cas, pour classer la houille. C'es

lui qui indique si elle est à longue ou à courte flamme ; et lorsqu'on a, de plus, égard à l'apparence extérieure de la houille et du coke et à la proportion plus ou moins grande de bitume et d'eau ammoniacale, il est possible de classer les combustibles minéraux d'une manière aussi sûre que si on les avait soumis à l'analyse élémentaire.

La septième colonne donne la couleur des cendres ; enfin, la huitième fait connaître en détail les propriétés physiques des houilles et des cokes, leur emploi dans les arts, et en général tous les faits qui se lient à la connaissance exacte des combustibles essayés.

Pour compléter et contrôler mes propres essais, j'ai aussi inséré, dans ces mêmes tableaux, les résultats partiels obtenus par d'autres. Ce sont : les analyses de M. Regnault, déjà mentionnées; quelques essais faits à ma demande par M. Janicot, répétiteur de chimie à l'École des mineurs de Saint-Étienne ; enfin surtout une série d'essais, entrepris, en 1828, à l'École de Saint-Étienne, sous la direction de M. Beaunier, par M. Frichoux, alors aussi répétiteur de chimie à ladite École. Ce dernier travail a été publié, en 1835, dans la statistique industrielle du département de la Loire, par M. Alphonse Peyret. Il avait spécialement pour but de déterminer les proportions relatives de gaz d'éclairage, fournies en grand par les principales houilles alors exploitées tant à Saint-Étienne qu'à Rive-de-Gier. On opérait dans des cornues de fonte, peu différentes, pour la forme, de celles dont on se sert dans les usines à gaz, et on calcinait à la fois 3 kilogrammes de houille. Le coke obtenu était ensuite pesé avec soin, et en partie soumis à l'incinération. On a déterminé aussi le pouvoir éclairant des gaz.

Plusieurs des houilles, essayées par M. Frichoux, l'ont été également par moi, et l'accord remarquable que présentent les résultats sert de vérification réciproque aux chiffres obtenus. Il prouve aussi que les houilles, provenant de parties très-diverses d'une même mine, ont en général une composition bien constante, et que ces essais, quoique entrepris sur une petite échelle, indiquent néanmoins bien la véritable nature des houilles et leur valeur relative, au point de vue industriel.

Citons quelques exemples, afin de prouver cet accord. M. Frichoux et moi avons essayé l'un et l'autre la houille de la grande couche de Méons (n°s 9 et 10 des tableaux). M. Frichoux a opéré sur des échantillons, pris au puits de l'Étang, à une faible profondeur du jour, et il a trouvé, pour le rapport des matières volatiles à la houille pure sans cendres, 0,24. La houille essayée par moi vient du puits Saint-Claude, d'une profondeur de 200 mètres, et j'ai trouvé 0,24 pour le menu, et 0,25 pour le gros.

Les houilles du Cros m'ont donné 0,25 et 0,26, et à M. Frichoux, pour des échantillons pris dans un autre puits, 0,25 (n° 11 des tableaux).

Pour le charbon de la grande couche de Rive-de-Gier, aux Verchères, M. Janicot a obtenu 0,28, et M. Frichoux 0,29 (n° 83 des tableaux).

Pour la houille de la mine du Bessat, les essais ont donné à M. Frichoux comme à moi 0,30, et cependant les échantillons viennent de deux points très-inégalement profonds, le puits du Bessat et le puits Saint-André (n° 36 des tableaux).

La houille raffaud de Couzon (Rive-de-Gier) a fourni à M. Regnault le chiffre 0,34 et à moi 0,33 (n° 75).

Enfin, la houille de la grande couche des Littes a

donné à M. Janicot, pour deux échantillons différents, 0,37, et à moi 0,38 (n° 56).

Ainsi les différences entre les chiffres obtenus ne dépassent pas en général 0,01 : résultat remarquable qui prouve combien les houilles des mêmes lieux et des mêmes couches restent au fond semblables à elles-mêmes, malgré certaines différences, purement accessoires, telles que la proportion plus ou moins élevée de cendres.

Résultats généraux.

En parcourant maintenant les tableaux eux-mêmes, on voit immédiatement que la presque totalité des houilles du bassin de la Loire sont grasses et collantes, tenant le milieu entre les charbons secs à courte flamme et les charbons maigres à longue flamme, c'est-à-dire entre ceux qui ne collent pas, par excès de carbone, comme les anthracites, et ceux qui ne fondent pas, par excès d'oxygène, comme les charbons de Blanzy (Saône-et-Loire). Néanmoins, entre ces deux limites, il y a des différences encore très-grandes, et on peut diviser les houilles de la Loire en quatre classes nettement définies : les houilles *anthraciteuses*, les houilles *grasses à courte flamme*, les houilles *grasses ordinaires*, et les houilles *grasses dures*. J'ajouterai immédiatement que les trois dernières classes correspondent assez bien aux divisions II, III et IV de M. Regnault, tandis que nos houilles anthraciteuses viennent se placer entre son genre n° 1 (les *anthracites*) et son genre n° 2, qu'il appelle houilles *grasses et fortes* ou houilles *grasses et dures* (1). J'observerai aussi, avec M. Regnault, que

(1) *Annales des mines*, 3e série, t. XII, p. 208. Les termes de *fortes* et *dures*, que M. Regnault emploie pour désigner les houilles grasses à courte flamme et que l'administration a aussi adoptés dans ses états statistiques, me paraissent mal choisis. Les houilles de cette classe, ainsi que celles de la troisième,

certaines houilles servent de passage d'une classe à l'autre. J'ai indiqué dans les tableaux les variétés dont le classement offre, par ce motif, une légère incertitude.

La classe la plus importante ou du moins celle qui renferme la plupart des charbons du district de Saint-Étienne, est la troisième : ce sont les houilles grasses ordinaires ou houilles *maréchales*. On peut la sous-diviser en trois groupes, selon que les houilles se rapprochent plus ou moins des deux classes voisines.

La quatrième classe est également assez riche et offre deux groupes bien distincts : les houilles *dures* par excellence, ou *raffauds* de Rive-de-Gier ; et les houilles *grasses à longue flamme*, ou houilles *à gaz* de la Ricamarie.

Les houilles grasses ordinaires passent aux houilles grasses à courte flamme, puis aux houilles anthraciteuses, par la diminution simultanée des proportions d'oxygène et d'hydrogène; elles dégagent d'autant moins de bitume et d'eau qu'elles brûlent avec flamme plus courte, ou se rapprochent davantage des anthracites.

Les houilles grasses ordinaires passent au contraire

---

sont au contraire *tendres* et *friables* toutes les fois que la proportion des matières terreuses y est peu considérable. Les houilles grasses deviennent *dures* par un excès d'oxygène, et ce nom doit par suite être réservé aux houilles à longue flamme. C'est aussi ce qu'a fait M. Gervoy dans son mémoire sur la carbonisation de la houille dans le département de la Loire, mémoire dans lequel il distingue les houilles *grasses* et *tendres* (comprenant notre deuxième et troisième classes) et les houilles *grasses* et *dures* qui correspondent à notre quatrième classe. Il distingue encore les houilles *sèches*. Mais ce n'est là qu'une sous-division des houilles grasses et dures, une variété plus maigre, à cause d'une plus grande abondance de matières terreuses. (*Annales des mines*, 3[e] série, t. X, p. 20.)

aux houilles à gaz, lorsque l'hydrogène et l'oxygène, c'est-à-dire le bitume et l'eau, augmentent à la fois, mais surtout l'oxygène, ou l'eau, dans une proportion assez forte.

Enfin on arrive des mêmes houilles ordinaires aux charbons raffauds, par un simple accroissement de la proportion d'oxygène qui se manifeste aussitôt par une dureté plus grande, un éclat plus terne, et, à la distillation, par une dose plus élevée d'eau.

Un examen plus attentif du tableau des analyses montre en outre que les houilles du bassin de la Loire dégagent toutes, à l'analyse immédiate, au moins 0,16 de matières volatiles et au plus 0,38; ou, si l'on fait abstraction des cendres, 0,17 au minimum et 0,40 au maximum (1).

Proportion de bitume.

Le minimum de bitume, que produit la distillation lente, est de 0,04 à 0,05 ; le maximum, 0,16. Le cannel-coal de Montrambert en donne plus de 0,21 ; mais en opérant, en grand, sur les houilles les plus bitumineuses, le produit est à peine de 0,08.

Proportion d'eau ammoniacale.

Le minimum d'eau ammoniacale est de moins de 0,01. Le maximum d'environ 0,05. Dans les usines à gaz on en obtient davantage. Mais cet excès d'eau vient de l'état humide de la houille menue que l'on emploie. Toutes choses égales d'ailleurs l'eau est d'autant moins riche en ammoniaque que la distillation se fait à une température plus basse. Ainsi, dans les usines à gaz de la Loire, d'après les expériences de M. Janicot, que nous citerons en détail, l'hectolitre d'eau ammoniacale pro-

(1) Je ne parle pas du *cannel-coal* de Montrambert (n° 71 du tableau), qui est une houille tout à fait exceptionnelle donnant 0,50 de matières volatiles. Elle se trouve en un seul point dans le bassin de la Loire, à Montrambert, et même là elle forme une simple veine peu étendue au milieu du charbon ordinaire de la grande couche.

duit, après saturation, jusqu'à 8 et 9 kilogrammes de sulfate cristallisé; tandis que par une distillation lente on en obtient tout au plus, avec la même houille, 2 à 2k,50, c'est-à-dire le quart.

A la distillation rapide les houilles à longue flamme dégagent 350 à 400 litres de gaz par kilogramme; et les houilles anthraciteuses environ 250 à 270 litres. A mesure que la distillation se fait plus lentement la proportion de gaz est moindre, et inversement la proportion de bitume plus forte. Ainsi la houille des Littes (n° 56) qui donne 390 litres de gaz, chauffée brusquement au rouge, dans une petite cornue de fonte, ne donne plus que 260 à 280 litres dans l'usine à gaz de Saint-Étienne, et seulement 95 litres, lorsqu'on la distille graduellement dans un tube de verre. Mais aussi, dans ce dernier cas, j'ai obtenu jusqu'à 0,15 de bitume, tandis que dans les usines à gaz on en obtient rarement plus de 0,05 à 0,06, et tout au plus, 0,02 à 0,03 lorsque la proportion de gaz s'élève à 390 litres. Proportion de gaz.

Les houilles sont d'autant plus noires qu'elles sont plus riches en carbone, et d'autant plus brunes, au moins réduites en poussière, qu'elles sont plus oxygénées. Ainsi les houilles anthraciteuses et les houilles grasses à courte flamme sont d'un fort beau noir, tandis que les houilles raffauds et surtout le cannel-coal de Montrambert ont une teinte brune fortement prononcée. Couleur, dureté, éclat des houilles.

Lorsque les houilles laissent peu de cendres, elles sont d'autant plus tendres et brillent d'un éclat d'autant plus vif, qu'elles sont plus grasses et plus collantes, ou en d'autres termes, qu'elles dégagent plus de bitume et moins d'eau, et renferment par suite plus d'hydrogène et moins d'oxygène. Ainsi presque toutes les houilles pures des deux premières classes et celles du troisième groupe de la troisième classe sont essentiel-

lement tendres, et donnent fort peu de gros à l'exploitation.

A mesure que la proportion d'oxygène augmente, on voit les houilles devenir plus ternes et plus dures; elles sont d'abord striées, parallèlement à la stratification, c'est-à-dire formées alternativement de veines brillantes et ternes; puis, lorsqu'elles sont encore plus riches en oxygène, elles deviennent presque entièrement ternes et donnent alors, sous le choc du marteau, un son sec et clair. C'est le cas des raffauds proprement dits (nos 72, 75, 76, etc.); tandis que les houilles à gaz et plusieurs houilles grasses ordinaires, passant aux raffauds (nos 45 et 46), sont plutôt striées.

Mais l'éclat et la dureté dépendent aussi de la proportion de cendres. L'éclat diminue et la dureté augmente à mesure que les matières terreuses deviennent plus abondantes; certaines houilles deviennent schisteuses, ou présentent des stries plus ternes, par un simple accroissement de la matière argileuse; ainsi les houilles nos 32, 33, 34, 35 et 36.

Pesanteur spécifique des houilles.

La pesanteur spécifique des houilles varie entre des limites peu considérables, si l'on fait abstraction des charbons très-terreux. Les limites extrêmes, pour les charbons purs, sont à peu près 1,35 et 1,28. Les plus denses sont les plus riches en carbone. L'hectolitre de houille menue pèse en moyenne 80 kilogrammes.

Proportion de cendre.

La proportion de cendres est très-variable. Quelques échantillons exceptionnels n'en renferment que 0,012 à 0,016 (nos 9, 25, 41, 42, 49 et 54). Mais on peut considérer comme très-purs les charbons dont le gros ne laisse pas au delà de 0,03 et le menu pas plus de 0,05 à 0,06 de résidu terreux. Dans les houilles ordinaires, la matière minérale s'élève de 0,03 à 0,06 pour le gros, et de 0,06 à 0,15 pour le menu. Enfin les houilles les

plus impures, parmi celles que l'on exploite, laissent jusqu'à 0,20 de résidu terreux.

Proportion de noir de fumée.

La proportion de noir de fumée que déposent les houilles dépend nécessairement du mode de combustion. Pour obtenir un dépôt abondant, il faut ne carboniser que peu de houille à la fois et donner fort peu d'air. Cependant la nature des houilles exerce également une influence très-grande. Les houilles anthraciteuses et les houilles à courte flamme brûlent sans fumée abondante et ne donnent par suite qu'un poids insignifiant de noir. Les charbons gras et durs, et particulièrement les houilles à gaz, brûlent par contre avec flamme longue et fuligineuse et déposent beaucoup de noir. Selon M. Gervoy, on peut en obtenir jusqu'à 2 1/2 p. 100 en carbonisant très-lentement et par petites doses les houilles à gaz, et 1 1/2 p. 100 en opérant de la même manière sur les charbons raffauds et sur les houilles grasses très-bitumineuses de la troisième classe. Mais alors le coke est en faible proportion et de mauvaise qualité. Aujourd'hui on ne modifie en rien le procédé ordinaire de carbonisation; on recueille seulement dans de vastes chambres maçonnées la fumée qui sort des fours à coke. Dans ce cas la proportion de noir, fournie par les houilles grasses très-bitumineuses, telles qüeles n°s 42, 49, 54 et 55, varie en moyenne entre 1/4 et 1/2 p. 100.

Pouvoir calorifique des houilles.

J'avais commencé quelques essais pour déterminer le pouvoir calorifique des principales houilles de la Loire en me servant de la méthode de M. Berthier; mais j'y renonçai bientôt, parce que les résultats obtenus n'étaient pas constants. On sait du reste depuis longtemps qu'à proportion égale de cendres, le pouvoir calorifique des houilles proprement dites est à peu près proportionnel à la quantité de coke que laissent ces houilles. Ainsi, au point de vue de leur pouvoir

calorifique, on peut les ranger dans l'ordre suivant :

Houilles anthraciteuses,
Houilles grasses à courte flamme,
Houilles grasses ordinaires et raffauds de Rive-de-Gier,
Houilles à gaz de la Ricamarie.

Voici d'ailleurs quelques essais positifs qui viennent confirmer cette première donnée.

En 1847, la compagnie des mines de la Loire avait proposé des houilles à la marine de Toulon. Avant de les accepter, l'administration les fit éprouver en les brûlant sous une chaudière en tôle, d'où la vapeur pouvait s'échapper à la pression constante de $0^m,14$ de mercure. Les houilles ainsi essayées appartiennent toutes à la classe des charbons durs, dont le pouvoir calorifique est précisément peu élevé ; mais seules elles peuvent, à raison de leur dureté, donner beaucoup de gros et être transportées au loin sans être broyées.

Voici ces résultats (1) :

NATURE DES HOUILLES.	ORIGINE DES HOUILLES.	CONCESSIONS.	NOMBRE de kilog. d'eau vaporisée par kilog. de houille.	MACHEFER.	CENDRES ET ESCARBILLES.
			kil.	kil.	kil.
Houilles raffauds, semblables aux échantillons nos 76, 77, 79, 80 et 82.	Puits du Pré. . . .	Sardon.	7.583	0,014	0,046
	Puits du Château. .	*Id.*	7.277	0,017	0,110
	Puits Grézieux. . .	*Id.*	7.055	0,012	0,072
	Puits Moïse.	Combes et Egarande.	7,207	0,019	0,105
Houille raffaud mi-grasse, n° 83.	Puits de l'Espérance.	Verchères.	6.724	0,024	0,100
Houilles à gaz chargées de cendres, nos 57 et 69.	Puits Marseille. . .	Montrambert.	5.750	0,029	0,081
	Puits du Brûlé. . .	Béraudière.	5.472	0,040	0,106

On voit par ces chiffres que le pouvoir calorifique des

(1) Je dois ces renseignements à l'amitié de M. Chatelus, alors ingénieur en chef de la compagnie des mines de la Loire.

houilles raffauds est notablement plus élevé que celui des houilles à gaz. La moyenne des cinq premières est $7^k,121$, tandis que celle des deux dernières est seulement $5^k,611$. Il est vrai que les matières terreuses sont un peu plus abondantes dans les houilles à gaz. La moyenne des cendres, mâchefer et escarbilles est de $0^k,105$ pour les raffauds et de 0,128 pour les houilles à gaz. Mais on peut facilement tenir compte de cette différence en ramenant dans les deux cas la proportion d'eau vaporisée à la houille pure sans cendres. On trouve alors pour la moyenne des houilles raffauds pures

$$\frac{1.000}{(1-0,105)} \times 7^k,121 = \frac{7,121}{0,895} = 7^k,956,$$

et pour la moyenne des houilles à gaz

$$\frac{1,000}{(1-0,128)} \times 5^k,611 = \frac{5,611}{0,872} = 6^k,435,$$

nombres qui sont entre eux dans le rapport de 100 à 81.

Le pouvoir calorifique des houilles grasses doit être peu différent de celui des houilles raffauds, mais cependant plutôt un peu plus élevé, car les charbons gras renferment, avec une dose presque égale d'hydrogène, à la fois plus de carbone et moins d'oxygène. M. Berthier indique pour la houille de la Grand-Croix (n° 25), dans son traité de la voie sèche, $29^g,6$ de plomb, ce qui correspond à 6.800 calories, qui est précisément le pouvoir calorifique ordinaire du charbon de bois. Celui des bonnes houilles raffauds serait, d'après cela, de 6.500 à 6.750 calories et celui des houilles à gaz les 0,81 de ces nombres, soit 5.200 à 5.500 calories.

Les houilles grasses à courte flamme ont un pouvoir calorifique encore plus élevé. Il peut être porté en moyenne à 7.250 calories, d'après la proportion plus élevée de coke, et en grand elles vaporiseraient certainement au moins 8 kilogrammes d'eau, qui est le chiffre des bonnes houilles du bassin de Newcastle.

Enfin les houilles anthraciteuses iraient probablement à près de 7.500 calories.

Ainsi le pouvoir calorifique des houilles, dont le coke, abstraction faite des cendres, va de 0,60 à 0,83, doit varier lui-même approximativement entre les limites de 5.200 à 7.500 calories. Et, dans la pratique, les quantités d'eau vaporisées sont comprises entre 5^{k},500 et 8 kil. à 8^{k},100.

Proportion de soufre dans les houilles.

On a déterminé la proportion de soufre de plusieurs des houilles du bassin de la Loire. En général elle varie, dans les charbons menus, entre 0,003 et 0,01, et par suite celle des pyrites entre 0,006 et 0,02. Mais dans les charbons pérats le poids des pyrites atteint rarement le chiffre de 1 p. 100.

Dans les cokes, fabriqués en grand, la proportion de soufre est un peu moins élevée que dans les houilles menues; elle est généralement comprise entre 0,002 et 0,008.

Voici quelques résultats, la plupart obtenus par mon frère à l'usine de l'Horme :

Coke de la Grand-Croix fabriqué en four (n° 25).	0,0052 à 0,0067
Coke de la Grand-Croix fabriqué en plein air (n° 25). .	0,0044
Coke du puits Pinay, en four (n° 14).	0,0023 } (1).
Coke du puits Pinay, en plein air.	0,0033 } (1).

(1) C'est un très-bon coke pour hauts-fourneaux.

Coke de Chaney, couche des Roches; même couche et mine voisine du n° 3. 0,0063

Coke de la mine des Genets, grande couche de la concession de la Béraudière (mine contiguë du n° 53). . . . . . 0,0058 (1).

Enfin, selon M. Raby, le coke des mines de Terre noire employé avant 1830 dans les hauts-fourneaux du Janon (n° 20) renfermait. . . . . 0,003 à 0,009 de soufre.

Passons maintenant en revue chacune des quatre classes de houille, afin de les caractériser d'une manière plus spéciale.

I. *Houilles anthraciteuses.*

Les houilles anthraciteuses, comme leur nom l'indique, se rapprochent des anthracites. Elles fondent mal au feu et donnent du coke imparfaitement aglutiné. Ce sont les seules houilles du bassin de la Loire dont le menu, par suite d'un défaut de bitume, ne peut donner, par les procédés ordinaires, du coke solidement aggloméré.

Les houilles de cette classe sont d'un beau noir pur, même en poussière. Elles sont tantôt très-éclatantes, tantôt composées de veines alternativement brillantes et ternes. Elles sont friables et tendres, et fournissent fort peu de gros.

A proportion égale de cendres, les houilles anthraciteuses sont les plus denses du bassin et celles dont le pouvoir calorifique est le plus élevé. Leur pesanteur spécifique est de 1,34 à 1,35, et leur pouvoir calorifique peut être estimé à 7.400 ou 7.500 calories.

Les charbons anthraciteux brûlent avec flamme courte, peu soutenue, très-peu chargée de noir. En les calcinant en vase clos, leur volume n'augmente pas, et les frag-

(1) *Voyez* le mémoire de M. Gervoy.

ments se déforment peu. Le coke est gris foncé d'apparence frittée.

Abstraction faite des cendres, la proportion de coke est comprise entre 0,84 et 0,81, ou celle des matières volatiles entre 0,16 et 0,19. La distillation lente donne en moyenne 0,04 à 0,06 de bitume, au plus 0,01 d'eau ammoniacale et 0,10 de matières gazeuses non condensées.

Aucune expérience n'a été faite pour déterminer le volume de gaz résultant d'une carbonisation rapide. Mais, d'après les résultats qu'a donnés à Saint-Étienne le charbon assez analogue de Rochebelle, on peut l'estimer par kilogramme 250 à 270 litres. Ce gaz, comme celui de toutes les houilles voisines des anthracites, serait d'ailleurs peu dense, peu carburé et brûlerait avec flamme très-peu éclatante. D'après les expériences de M. Frichoux, si l'on représente par 12 le pouvoir lumineux du meilleur gaz de Saint-Étienne, celui qui provient de la petite couche des Littes (n° 62), le gaz de la houille de Rochebelle n'aurait, à dépense égale, qu'un pouvoir lumineux représenté par 2. C'est évidemment un gaz très-léger, riche en hydrogène et pauvre en carbone.

M. Regnault n'a analysé aucune houille de cette classe. Celle qui s'en rapproche le plus est la houille à courte flamme de Rochebelle, du bassin d'Alais, qui cependant est plus grasse, puisqu'elle produit un fort bon coke de hauts-fourneaux et 0,22 de matières volatiles (1). Les houilles anthraciteuses du bassin de la Loire donneraient par suite très-probablement à l'ana-

(1) Il convient d'observer ici que les deux houilles de Rochebelle dont je viens de parler ne sont pas de même nature et ne viennent pas de la même couche ; celle qui a été essayée par M. Frichoux est une véritable houille anthraciteuse ; elle donne

yse élémentaire un peu moins d'hydrogène que celle de Rochebelle, mais un peu plus que les anthracites proprement dites; ainsi un nombre compris entre 4,28 et 4,92. La proportion d'oxygène doit se placer de même entre celle des anthracites et celles des houilles grasses à courte flamme, c'est-à-dire entre 3,19 et 4,42. La composition élémentaire des houilles anthraciteuses du bassin de la Loire me paraît donc, d'après cela, pouvoir être représentée assez exactement par les chiffres moyens que voici :

Hydrogène.	4,50 à 4,80
Oxygène et azote.	3,50 à 4,00
Carbone.	92,00 à 91,20
	100,00

Les houilles anthraciteuses sont fort rares dans le bassin de la Loire. A Rive-de-Gier, il n'en existe pas, et à Saint-Étienne la seule couche de la Vaure (le n° 15 du système inférieur de Saint-Étienne) donne de la houille anthraciteuse, et encore seulement dans les concessions de la Chazotte et de la Calaminière, près de Sorbiers.

Les houilles anthraciteuses sont spécialement propres à la cuisson de la chaux et des briques. Elles sont aussi recherchées, à cause de leur pouvoir calorifique élevé, pour la fabrication du pérat aggloméré. Enfin ce sont les seuls charbons du bassin de la Loire que l'on pourrait employer à l'état cru dans les hauts-fourneaux.

0,17 pour le rapport des matières volatiles à la houille, déduction faite des cendres; tandis que celle que cite M. Regnault est une houille grasse à courte flamme pour laquelle le rapport en question est de 0,22.

II. *Houilles grasses à courte flamme.*

La seconde classe comprend les houilles les plus riches en carbone, parmi celles qui fondent et collent à une température élevée. Elles sont d'un beau noir pur, mais leur poussière passe déjà au brun foncé. Lorsqu'elles renferment peu de cendres, leur éclat est uniformément vif, la cassure irrégulière et la dureté peu considérable. Les houilles moins pures sont entrelardées de veines ternes et schisteuses plus chargées de cendres. De ce nombre sont les nos 3, 11 et 16. Plusieurs des houilles de cette classe sont très-pures. Ainsi les charbons pérats de la grande couche inférieure, dans les concessions de Méons et de Chaney, ne laissent en moyenne que 0,015 à 0,025 de cendres et les menus seulement 0,030 à 0,050.

La pesanteur spécifique des fragments purs est ordinairement comprise entre 1,30 et 1,33. Leur pouvoir calorifique dépasse 7.000 calories.

Les houilles de cette classe, comme leur nom le dit, brûlent avec flamme peu volumineuse et déposent peu de noir. Le menu fond et s'agglutine complétement, mais sans augmenter sensiblement de volume. Par ce motif le coke produit est peu boursouflé, compacte, dur et solide. Il est d'un gris de plomb d'autant plus foncé que la houille est moins collante. Le menu longtemps exposé à l'air paraît perdre par volatilisation, ou plutôt par oxydation lente, une partie de son bitume, car plusieurs des houilles de cette classe, les charbons de Méons et de Chaney en particulier (nos 7, 9 et 10), deviennent impropres à la fabrication d'un coke bien collé, lorsqu'elles restent à l'air pendant plusieurs mois après leur sortie au jour.

Toutes les houilles s'altèrent ainsi plus ou moins,

mais ici l'effet est beaucoup plus apparent, parce que les houilles à courte flamme ne renferment, pour fondre entièrement, que la proportion de bitume strictement nécessaire (1).

Les houilles anthraciteuses m'ont donné à l'analyse immédiate 0,20 à 0,26 de matières volatiles, et 0,80 à 0,74 de coke, déduction faite des cendres.

La distillation lente dégage, dans les essais de laboratoire :

Bitume.	0,05 à 0,10
Eau ammoniacale.	0,01
Matières non condensées. .	0,10 à 0,12
Coke.	0,84 à 0,77
	1,00

La distillation rapide dans une cornue de fonte a donné à M. Frichoux, en moyenne, 275 à 330 litres de gaz. Mais ce gaz est léger et peu carburé; et, si l'on représente par 12 le pouvoir lumineux du gaz des Littes, le meilleur de la Loire, celui des gaz provenant de cette classe n'est que de 7 à 8. Aussi ces houilles ne servent-elles jamais dans les usines à gaz.

M. Regnault a analysé l'une des houilles de cette classe, celle de la couche bâtarde du système de Rive-de-Gier dans la concession de Corbeyre. D'après le résultat obtenu et la composition élémentaire des houilles plus grasses de la Grand-Croix, on peut admettre que

(1) L'oxydation lente de la houille est un fait depuis longtemps connu; l'inflammation spontanée des menus peu pyriteux, et surtout la disparition rapide de l'oxygène dans les houillères entièrement closes, ne sauraient s'expliquer autrement. Quant à la volatilisation d'une partie du bitume, on pourrait plutôt la révoquer en doute ou du moins elle ne me paraît avoir lieu que dans les premiers instants après l'abattage et seulement dans les mines où se manifeste le feu grisou.

les charbons gras à courte flamme sont représentés en moyenne, déduction faite des cendres, par :

Hydrogène.	4,80 à 5,10
Oxygène et azote. . .	4,00 à 4,50
Carbone.	91,20 à 90,40
	100,00

Les charbons gras à courte flamme sont préférés à tous les autres pour la fabrication du coke. Étant plus riches en carbone et plus pauvres en bitume que les autres charbons gras, ils donnent en poids un produit plus élevé et surtout du coke dur, compacte et consistant, qui supporte le transport sans se briser. En grand, lorsqu'on opère bien, le produit est ordinairement inférieur de 0,12 à 0,15 aux résultats obtenus en vase clos par l'analyse immédiate. On obtient 0,60 à 0,65 de coke, et on admet que pour 100 kilogrammes de coke il faut 2 hectolitres de houille.

Lorsqu'il contient moins de 10 à 12 p. 100 de cendres, on le recherche pour le service des locomotives (1), des fineries et des cubilots et pour la fusion de l'acier (n°s 4, 7, 9 et 10). Le bon coke est plus léger que l'eau. Moins pur, il est encore employé avec avantage dans les hauts-fourneaux. C'est le coke de *seconde qualité* qui laisse parfois jusqu'à 18 et 20 p. 100 de cendres (n°s 8, 12, 14 et 15).

Le menu des mêmes houilles, lorsqu'il laisse moins de 6 p. 100 de cendres, se vend aussi comme charbon de forge de première qualité. On le recherche surtout pour le forgeage des grosses pièces.

Le pérat, d'ailleurs peu abondant, se vend pour le

(1) La compagnie du chemin de fer de Paris à Lyon exige même que la teneur en cendres ne dépasse pas 6 p. 100 : mais on n'obtient ce résultat qu'en se servant de menu lavé.

chauffage domestique et le service des bateaux à vapeur.

Les houilles de cette classe sont peu abondantes dans le bassin de la Loire, et par suite d'un prix élevé, lorsqu'elles sont pures.

A Saint-Étienne, elles proviennent exclusivement du système inférieur et même seulement de certains districts, tels que ceux de Reveux et de Roche-la-Molière, c'est-à-dire des couches nos 13 et 14 des concessions de Chaney, Reveux, Méons, le Montcel et le Cros; et des couches parallèles de la Grille, le Saignat et le Peyron de la concession de Roche-la-Molière.

A Rive-de-Gier, la grande couche fournit des charbons de cette classe dans deux ou trois concessions seulement, le Reclus et la Péronière.

III. *Houilles grasses tendres et maréchales ou houilles grasses proprement dites.*

Cette classe comprend la majeure partie des houilles du bassin de la Loire et spécialement presque toutes celles des environs de Saint-Étienne. Leur caractère essentiel est d'être très-grasses, c'est-à-dire de fondre au feu en se boursouflant d'une manière plus complète que les houilles à courte flamme et les houilles grasses et dures. Chauffées au rouge, dans un creuset fermé, elles augmentent toutes notablement de volume; quelques-unes même du simple au double. On les appelle houilles grasses *maréchales* ou *charbons de forge*, lorsqu'elles sont pures, et houilles grasses *ordinaires*, lorsque la proportion des cendres dépasse dans les menus 9 à 10 p. 100.

Les houilles grasses proprement dites sont d'un beau noir pur comme les charbons de la classe précédente. Elles sont même souvent encore plus éclatantes et n'of-

frent jamais des stries ou veines ternes, à moins de passer aux houilles dures, comme les charbons de Villards (nos 45 et 46). Les houilles maréchales ont surtout un éclat très-vif, et il devient tout à fait remarquable dans les variétés les plus bitumineuses, les houilles du bois d'Aveize et du Montsalson (nos 42, 49, 50, 54 et 55).

Dans tous les cas leur poussière est brune.

La cassure des houilles grasses est en général inégale et irrégulière, rarement conchoïde. Les espèces les plus tendres et les plus pures sont en général feuilletées ou plutôt se divisent en lames minces à facettes planes. Les espèces plus chargées de cendres et par suite plus dures présentent assez souvent dans la cassure transversale, d'ailleurs irrégulière, un assez grand nombre de disques ou écussons circulaires parfaitement lisses de 2 à 3 centimètres de diamètre, disposition à laquelle on pourrait donner le nom de structure en *écussons*.

La pesanteur spécifique des échantillons purs est en moyenne de 1,30. Leur pouvoir calorifique est d'environ 7.000 calories, pour les espèces qui se rapprochent des houilles à courte flamme, et de 6.000 au plus pour celles qui passent aux houilles à gaz.

Les houilles grasses proprement dites brûlent avec flamme plus longue et déposent surtout plus de noir que celles de la division précédente. Dans les fabriques à coke où l'on recueille le noir, on carbonise spécialement les charbons les plus gras (les nos 42, 49, 54 et 55).

Le coke provenant des houilles grasses est d'une teinte argentine d'autant plus claire que le charbon fond et se boursoufle mieux. Il est aussi par cela même plus poreux, plus léger, plus friable et plus fissuré; et, à proportion égale de cendres, il se vend toujours moins

cher que le coke compacte et dur des charbons à courte flamme (1).

L'analyse immédiate donne les résultats suivants :

Matières volatiles	0,26 à 0,36
Coke, déduction faite des cendres	0,74 à 0,64

La distillation lente faite au laboratoire fournit en moyenne :

Bitume	0,10 à 0,14
Eau ammoniacale	0,01 à 0,03
Matières volatiles non condensées	0,11 à 0,16
Coke	0,78 à 0,67
	1,00

Enfin la distillation rapide dans une cornue de fonte dégage en général 280 à 340 litres de gaz par kilogramme, ainsi guère plus que les houilles à courte flamme ; mais le gaz est plus dense et plus éclairant. En représentant toujours par 12 le pouvoir éclairant du gaz des Littes, on trouve que celui du gaz des houilles grasses ordinaires varie généralement entre 9 et 10. Le gaz des houilles du quartier Gaillard (n° 41) va même à 11, mais aussi deux autres à 7,5 seulement (les nos 20 et 26).

Ce dernier, le charbon de Latour à Firminy, offre même une particularité qu'il importe de signaler : il donne autant de gaz que le charbon des Littes, 374 litres par kilogramme, et cependant le poids des matières volatiles est de 0,27 seulement pour le premier et de 0,35 pour le second (le n° 56). Le gaz de la Tour est donc positivement moins dense que l'autre, c'est-

(1) Ainsi les cokes durs de Méons et de Chaney (nos 7, 9 et 10) et les cokes légers de la mine Grangette (n° 42) ont à peu près le même degré de pureté, et cependant le prix de ces derniers est de 0f,15 à 0f,20 moins élevé par 100 kilogrammes.

à-dire moins carburé, et cette différence explique bien son faible pouvoir lumineux. A cette abondance extrême d'un gaz très-hydrogéné semble se rattacher un autre fait. La mine d'où vient le charbon essayé (le puits Charles) a été souvent infectée de feu grisou.

M. Regnault a analysé la houille maréchale de la Grand-Croix. Et si l'on considère qu'un grand nombre de charbons de la même classe sont plus riches en bitume, c'est-à-dire plus chargés d'hydrogène, on pourra admettre comme composition élémentaire moyenne des houilles grasses proprement dites, déduction faite des cendres, les chiffres suivants :

Hydrogène.	4,90	à	5,70
Oxygène et azote.	4,50	à	6,00
Carbone.	90,60	à	88,30
	100,00		

La teneur la plus élevée en hydrogène correspond aux houilles du bois d'Aveize et du Montsalson, tandis que la proportion inférieure appartient aux charbons gras qui se rapprochent des houilles à courte flamme.

On voit du reste, en parcourant le tableau des analyses, que les nombreuses houilles de la classe qui nous occupe offrent entre elles des différences assez grandes. On peut en effet les sous-diviser en trois groupes bien déterminés :

1° Les houilles voisines des charbons à courte flamme ;

2° Les houilles moyennement grasses ;

3° Et les charbons essentiellement collants et bitumineux.

Le premier groupe comprend les charbons qui donnent à l'analyse immédiate, déduction faite des cendres, 0,26 à 0,29 de matières volatiles, et à la distillation lente environ 0,10 de bitume. Ce sont des combus-

tibles qui diffèrent peu des houilles à courte flamme et qui par ce motif conviennent encore, comme ces dernières, pour la fabrication des cokes durs et compactes.

On les rencontre à Rive-de-Gier, avec les houilles grasses à courte flamme, dans les concessions les plus voisines de celle de Saint-Chamond, à la Grand-Croix, le Reclus, la Cappe et Corbeyre.

A Saint-Étienne, les charbons de ces groupes sont surtout fournis par les troisième et quatrième couches du système moyen dans les concessions situées à l'est de la ville, telles que Terre-Noire, Côte-Thiolière, Monthieux, Bérard et la Roche. Enfin, on trouve encore du charbon de même nature à Firminy et Unieux dans le système inférieur (n°s 26 et 27).

Les charbons du second groupe perdent à la calcination brusque 0,30 à 0,35 de matières volatiles, et, à la distillation lente, 0.10 à 0,12 de bitume et goudron. Ce sont les houilles grasses proprement dites, les meilleurs charbons de forges lorsque les cendres sont peu abondantes.

Dans ce groupe viennent se placer les charbons des cinquième, sixième, septième et huitième couches du système moyen à Terre-Noire, Côte-Thiolière, Bérard, la Roche, le Treuil, Méons, etc.; ceux de la troisième, ou grande couche, du système moyen, aux mines du Quartier Gaillard et de Grangette; enfin les houilles de la grande couche du système inférieur à Villards et Montsalson. Ces dernières passent au reste aux charbons à gaz; elles sont dures et striées de parties ternes, et pourraient, par ce motif, avec autant de raison, être rangées parmi les charbons de la quatrième classe.

Le troisième groupe comprend les houilles qui doublent de volume par la calcination, et coulent en quelque sorte comme du bitume. Elles sont plus hydrogénées

que les précédentes et moins oxygénées que les houilles à gaz. La calcination brusque en dégage 0,33 à 0,36 de matières volatiles et la distillation lente 0,12 à 0,14 de bitume. Elles sont en général tendres, très-inflammables et d'un beau noir très-éclatant. Le coke est presque blanc et tout à fait argentin.

On rencontre ces houilles au bois d'Aveize (concession de Terre-Noire) dans le système supérieur, et aux mines de Montsalson dans la troisième couche du système moyen.

L'emploi dans les arts des houilles grasses tendres, des trois groupes précédents, dépend surtout de la proportion de cendres. Le menu, sans distinction de groupes, est appliqué au travail du fer dans les feux de forge, lorsque le chiffre des cendres ne dépasse pas 9 à 10 p. 100. Les charbons les plus bitumineux sont surtout recherchés pour le forgeage des petites pièces, pour la clouterie, serrurerie, etc., qui demandent un feu rapide; tandis que les houilles du premier groupe servent plutôt au travail des grosses pièces.

Sous le rapport de leur pureté on distingue les charbons de forge en première et deuxième qualités. Ceux-là laissent moins de 6 p. 100 de cendres, ceux-ci 6 à 10 p. 100. Le prix des premiers est de 0,90 à 1f,10; celui des seconds de 0,70 à 0f,80 les 100 kilogrammes.

Les charbons menus plus terreux sont employés dans les fours à réverbères, les fours à verrerie, sous les chaudières à vapeur, etc.

Ceux du premier groupe donnent du coke assez dur et compacte, et en moyenne à peu près 60 p. 100.

Ceux du dernier groupe produisent par contre un coke poreux, léger, fissuré, ordinairement divisé en longs prismes minces, qui supportent difficilement un

transport lointain. Leur rendement moyen varie entre 50 et 55 p. 100.

Les menus de forge de première qualité donnent nécessairement du coke de qualité supérieure (n°s 42, 49, 54, 55) ; tandis que les charbons de forge médiocres, et les menus ordinaires, tenant moins de 12 p. 100 de cendres, ne peuvent être utilisés que pour cokes de hauts-fourneaux. De ce nombre sont les houilles de Côte-Thiolière, la Tardiverie, le Reclus, la Grand-Croix, etc. (et en général les n°s 18, 19, 20, 24, 25, 26, 36, 37, 39, 44, 45, etc.).

Ces cokes laissent, en moyenne, 12 à 18 p. 100 de résidu terreux.

IV. *Houilles grasses et dures.*

Les houilles grasses et dures sont, comme leur nom l'indique, plus dures et moins friables que les charbons des deux classes précédentes. Cette plus grande dureté est la conséquence d'une proportion plus élevée d'oxygène, comme le prouvent l'analyse élémentaire et les produits aqueux de la distillation lente. Plus une houille est oxygénée et plus elle se rapproche des lignites ; l'odeur même, qu'elle répand en brûlant, ressemble alors à celle que dégagent les lignites.

Les houilles dures sont aussi d'autant plus ternes et se boursouflent d'autant moins que la proportion d'oxygène l'emporte davantage sur celle de l'hydrogène. Le choc du pic produit sur la houille dure un son clair et sec. Au moment de l'abatage, ou lorsqu'elle est concassée, elle se divise en général en fragments parallélipipédiques, dont la cassure transversale est néanmoins assez souvent conchoïde, ce qui est rare dans le cas d'une houille tendre et grasse.

Les houilles dures ne sont plus d'un noir tout à fait pur, et la poussière est, dans tous les cas, franchement brune. Le coke est en général friable et poreux, peu consistant, quoique peu boursouflé.

La classe qui nous occupe renferme deux sortes de houilles tout à fait distinctes qui n'ont de commun que leur dureté et la proportion élevée d'oxygène. Ce sont les *houilles à gaz* de la Ricamarie, et les houilles *raffauds* du district de Rive-de-Gier.

Les premières sont à la fois riches en oxygène et en hydrogène; les secondes simplement pourvues d'un excès d'oxygène. Aussi ces dernières sont-elles plus dures, plus ternes, moins noires et moins grasses que les houilles à gaz. A la distillation lente, elles dégagent moins de bitume.

PREMIER GROUPE. — **Houilles à gaz de la Ricamarie.**

Les houilles à gaz sont les houilles les moins denses du bassin de la Loire et celles qui développent le moins de chaleur. Leur pesanteur spécifique est en moyenne de 1.28; et leur pouvoir calorifique, comme nous l'avons dit, de 5.300 à 5.500 calories.

Elles brûlent avec flamme longue et fuligineuse, déposant beaucoup de noir, ce qui est, comme on sait, la condition essentielle d'une houille à gaz très-éclairant. La calcination brusque opère leur fusion, mais sans produire un sensible boursouflement.

L'analyse immédiate donne les résultats suivants :

Coke, déduction faite des cendres.	0,65 à 0,60
Matières volatiles.	0,35 à 0,40

La distillation lente dégage :

Bitume.	0,14 à 0,16
Eau ammoniacale.	0,03 à 0,05
Matières non condensées. . . .	0,13 à 0,15
Coke.	0,70 à 0,64
	1,00

La distillation rapide, dans une cornue de fonte, produit 330 à 400 litres de gaz par kilogramme. La houille de la grande couche des Littes (n° 56), qui peut servir de type, et qui est vendue, en effet, à un très-grand nombre d'usines à gaz des bords de la Saône, de la Loire et du Rhône, produit à l'essai 390 litres de gaz par kilogramme. Mais ce qui distingue les houilles à gaz des houilles grasses et tendres, c'est moins le volume du gaz, que sa nature propre, puisque certaines houilles tendres dégagent aussi jusqu'à 360 et même 375 litres. Le gaz provenant des houilles de cette classe, est, comme nous l'avons vu, plus dense, plus carburé et, par ce motif, plus éclairant. A dépense égale, le pouvoir lumineux du gaz des houilles en question est en moyenne de 12, tandis que celui du gaz des houilles grasses tendres est de 9 à 10 (1).

Voici, au reste, d'après les expériences de M. Frichoux, les chiffres précis, concernant les houilles à gaz.

	Pouvoir lumineux.
Gaz du charbon de la Malafolie (n° 58). . . .	11,69
Gaz de la petite couche des littes (n° 62). .	11,86
Gaz de la couche Vallon du Brûlé (n° 67). .	11,66
Gaz de la petite veine de la Béraudière (n° 60).	12,22
Moyenne.	11,86

Dans les usines à gaz, on obtient toujours beaucoup moins de gaz que dans les essais faits sur quelques kilogrammes. La houille de la grande couche des Littes

(1) On a pris comme terme de comparaison une bougie en cire de 5 à la livre. Le bec de gaz était dans toutes les expériences de douze trous, la pression d'eau de 6 lignes, et on a ramené par le calcul, tous les chiffres à une dépense uniforme de 6 pieds cubes par heure. Ainsi le gaz des houilles de la Ricamarie éclaire, dans ces circonstances, presque douze fois plus qu'une bougie de 5 à la livre.

qui dégage 390 litres à l'essai, n'en donne, à l'usine de Saint-Étienne, que 260 à 280 par litres.

La différence est due à trois causes. D'abord le menu, employé en grand, n'est jamais parfaitement sec; en second lieu, en opérant sur des charges de 60 à 80 kilogrammes, la distillation s'opère nécessairement d'une manière trop lente. Tous les fragments qui ne touchent pas directement les parois de la cornue, dégagent en partie du goudron et non du gaz. Enfin on laisse toujours dans le coke un peu de gaz (4 à 5 p. 100 du poids du coke), parce que ce dernier gaz est très-peu lumineux et qu'il exige, pour être expulsé, une chaleur trop forte.

M. Regnault n'a analysé aucune des houilles à gaz du bassin de la Loire. Mais si l'on considère qu'elles donnent, à la distillation, à la fois plus de bitume et plus d'eau que les houilles les plus grasses de la classe précédente, qu'elles sont plus grasses que les houilles raffauds de Rive-de-Gier, dont M. Regnault a fixé la composition, enfin qu'elles se rapprochent, par tous leurs caractères, du flénu de Mons et de la houille de Lavaysse (Aveyron), également analysée par M. Regnault, on pourra admettre, je crois, que la composition élémentaire de ces houilles, déduction faite des cendres, doit être comprise entre les limites suivantes :

Hydrogène.	5,40	à	5,80
Oxygène.	7,00	à	10,00
Carbone.	87,60	à	84,20
		100,00	

Les houilles à gaz, à raison de leur dureté, donnent une forte proportion de gros, que les consommateurs recherchent pour le chauffage domestique. Le menu, lorsqu'il est pur (moins de 5 à 7 p. 100 de cendres), est quelquefois employé pour la petite forge, telle que

la clouterie, mais on lui préfère cependant les houilles grasses tendres. On l'emploie aussi pour l'étirage de l'acier.

On peut également le transformer en coke, et on en fabriquait autrefois des quantités assez considérables; mais comme il est léger, friable, fendillé, divisé en prismes minces et allongés, et que la proportion obtenue dépasse rarement 50 p. 100, on y a généralement renoncé; et, au fait, lorsqu'on a le choix, il est peu rationnel de fabriquer du coke avec la houille qui donne précisément le maximum de produits volatiles.

Un usage auquel les houilles à gaz conviendraient beaucoup mieux, c'est la fabrication du noir. Lorsqu'on dirige la carbonisation d'une manière très-lente et que l'on opère sur de faibles charges, on peut en obtenir jusqu'à 2 1/2 p. 100. Mais on a déjà vu que le coke est alors mauvais et que ce mode de faire du noir a dû être abandonné.

Quelques essais ont été tentés à Saint-Étienne, pour retirer directement des houilles à gaz, par une distillation très-lente, dans une cornue de fonte, les huiles volatiles les plus légères, afin de les utiliser, comme les huiles de schistes, dans les lampes dites *astrales*, ou pour la dissolution du *caoutchouc*. On peut se procurer ainsi des essences rectifiées, dont la proportion varie de 1 à 1,5 p. 100 du poids de la houille, mais le coke obtenu est également d'une qualité très-inférieure, et cette circonstance rend l'opération impossible, au point de vue financier. Nous citerons ces expériences dans un appendice au présent mémoire.

Les houilles à gaz du bassin de la Loire sont toutes concentrées dans la vallée de la Ricamarie ou de l'Ondène, entre Saint-Étienne et Firminy. On les exploite dans les trois concessions de la Béraudière, de Mont-

rambert et de Firminy ; et il est remarquable que la nature de la houille est ici presque la même dans toutes les couches des trois systèmes. A Firminy seul, les houilles du système inférieur redeviennent plus collantes et plus tendres (Mine de la Tour, échantillon n° 26).

DEUXIÈME GROUPE. — Houilles raffauds de Rive-de-Gier.

Les véritables raffauds de Rive-de-Gier, sont les charbons les plus durs et les plus ternes du bassin de la Loire. Ils sont moins collants et surtout moins riches en matières volatiles que les houilles à gaz. Aussi, leur pesanteur spécifique est-elle plus élevée, 1,29 à 1,31 ; le rendement en coke plus fort, et par suite le pouvoir calorifique plus considérable. Nous avons cité les expériences qui donnent comme moyenne environ 6,500 à 6.750 calories.

La calcination brusque n'opère pas toujours leur fusion complète ; on reconnaît quelquefois encore, dans le coke, la forme des fragments de houille. Il est d'ailleurs dur, compacte et peu boursouflé.

L'analyse immédiate conduit aux chiffres suivants, déduction faite des cendres :

Matières volatiles. .	0,28 à 0,36
Coke.	0,72 à 0,64

La distillation rapide, dans une cornue de fonte, donne 300 à 350 litres de gaz par kilogramme, mais le gaz est encore moins éclairant que celui des houilles grasses ordinaires ; si l'on représente par 12 le pouvoir éclairant du gaz des Littes, celui du gaz des houilles raffauds est en moyenne seulement de 9. Je n'ai soumis aucun des charbons de ce groupe à la distillation lente, mais d'après les analyses de M, Regnault et l'apparence extérieure des houilles et des cokes, il est bien évident

qu'ils sont moins riches en bitume que les houilles à gaz ; qu'ils doivent en dégager au plus 0,12, mais une proportion presque aussi forte d'eau ammoniacale, c'est-à-dire de 0,03 à 0,04.

Le raffaud de Couzon, le type du groupe, renferme :

Hydrogène.	5,27
Oxygène et azote.	8,43
Carbone.	86,30
	100,00

En consultant de plus, dans le travail de M. Regnault, la composition des houilles analogues de Commentry et celle de la couche bâtarde de Couzon (le n° 74 de nos tableaux), qui passe aux houilles à gaz, on arrivera pour l'ensemble des charbons raffauds aux limites suivantes :

Hydrogène.	4,90	à	5,70
Oxygène.	6,50	à	9,00
Carbone.	88,60	à	85,30
	100,00		

Ces limites sont larges, mais aussi les charbons raffauds passent, d'une part, aux houilles à gaz par l'abondance des matières volatiles, nos n°s 72, 73 et 74 ; et de l'autre aux houilles grasses ordinaires des premier et deuxième groupes, les n°s 83, 84, 85 et 86.

Ces dernières variétés laissent beaucoup de coke et correspondent à la première limite qui se rapproche, en effet, des houilles de la troisième classe.

Les houilles raffauds de Rive-de-Gier sont très-recherchées à raison de leur dureté. A l'exploitation elles donnent beaucoup de gros, et le transport lointain les brise peu. On les emploie surtout sur les bateaux à vapeur du Rhône et de la Saône et dans les forges de la Champagne et de la Haute-Saône.

Le menu est employé, comme celui des houilles grasses ordinaires, dans les verreries, les fours à réverbères, les fours à chaux, les tuileries, etc. On ne l'emploie jamais ni pour la forge, ni pour le coke, ni pour le gaz.

Les houilles raffauds existent surtout à Rive-de-Gier; elles proviennent de la grande masse et spécialement de la partie inférieure, mais uniquement des concessions situées à l'extrémité orientale du bassin, à Couzon, Chantegreine, Couloux, Combes et Égarandes, le Sardon, les Verchères et le Gourd-Marin; et même, dans ces concessions, à mesure que l'on se dirige de l'est à l'ouest, on rencontre des charbons de plus en plus tendres et gras. A l'ouest du Sardon et du Gourd-Marin, on arrive aux charbons gras des troisième et deuxième classes.

La grande couche du système inférieur de Saint-Étienne, à la Chana et au bois Monzil, fournit aussi du charbon raffaud, mais qui passe aux houilles grasses ordinaires du premier groupe. Enfin le charbon de la galerie Sainte-Barbe à Villards, qui appartient également au système inférieur de Saint-Étienne, est un raffaud passant aux houilles à gaz.

Cannel-coal de Montrambert (n° 71 des tableaux).

Le bassin de la Loire ne renferme aucune houille sèche à longue flamme du genre de celle de Blanzy. Aucune n'est aussi riche en oxygène (15 à 16 p. 100). Par contre on trouve à Montrambert, au milieu de la grande couche du système moyen, dont la puissance est en ce point de 14 à 15 mètres, un banc de véritable *cannel-coal* de plusieurs décimètres. C'est un charbon tout à fait terne et d'une nuance brune, comme le brai, dur, à cassure conchoïde, très-inflammable et brûlant

avec flamme très-longue et fuligineuse. En vase clos la houille fond, mais n'augmente pas de volume. Le coke produit est argentin, très-poreux et léger. Ce charbon produit plus de bitume, de matières volatiles et de gaz que tous les autres. Déduction faite des cendres, on a 0,50 de matières volatiles, et la distillation lente m'a donné :

Bitume	21,60
Eau ammoniacale	4,80
Matières non condensées	14,40
Coke	59,20
	100,00

Le bitume est brun clair, très-fluide, plus léger que l'eau, tandis que toutes les autres houilles donnent un goudron plus dense que l'eau et presque toujours très-visqueux.

C'est à coup sûr là houille du bassin de la Loire qui renferme le maximum d'hydrogène. Comme elle est d'ailleurs plus grasse et plus riche en matières volatiles que le cannel-coal du Lancashire, analysé par MM. Regnault et Richardson, il doit contenir au moins 6 p. 100 d'hydrogène et 9 à 10 p. 100 d'oxygène.

Le cannel-coal de Montrambert est nettement séparé de la houille noire ordinaire au milieu de laquelle il se trouve. Il n'y a pas passage graduel au contact.

Rapport entre la nature des houilles et leur situation dans l'intérieur du bassin.

Voyons maintenant jusqu'à quel point il existe un rapport plus ou moins intime entre la composition des houilles et leur situation dans l'intérieur du bassin.

Si l'on parcourt les tableaux qui terminent ce mémoire, on verra d'abord qu'une même couche change de nature d'un point à un autre du bassin. Ainsi la grande couche de Rive-de-Gier fournit des raffauds

proprement dits vers l'extrémité orientale du bassin, des charbons déjà plus gras et plus tendres au centre, dans les concessions des Verchères et du Gourd-Marin, du charbon gras ordinaire bon pour forge et pour coke, à l'ouest, dans les concessions du Reclus et de la Grand-Croix; enfin un charbon gras à courte flamme à la Péronière, vers l'extrémité nord-ouest du district de Rive-de-Gier; puis on retrouve cette couche encore plus riche en carbone à la limite sud-ouest du bassin de Saint-Étienne, au puits Montessut, concession d'Unieux et Fraisse (n° 6).

Dans le bassin de Saint-Étienne la grande couche du système inférieur offre un changement graduel directement inverse. Dans la partie nord-est du district de Saint-Étienne, comprenant les concessions du Montcel, de Chaney, Reveux, Méons et le Cros, la houille de la grande couche inférieure ne renferme en moyenne que 0,24 à 0,25 de matières volatiles, déduction faite des cendres; c'est le charbon tendre à courte flamme par excellence.

En avançant dans la direction de l'ouest, la couche se transforme peu à peu. A la Chana, au puits de la Doa et au bois Monzil, concession de Villards (n°s 85 et 86), c'est un raffaud passant à la houille grasse ordinaire. Aux puits Beaunier et Villefosse de la même concession (n°s 45 et 46), il passe presque aux charbons à gaz. Puis, en avançant jusqu'au Montsalson et jusqu'à Latour, près de Firminy, on retrouve une houille grasse ordinaire avec 0,28 à 0,29 seulement de matières volatiles.

La grande masse du système moyen de Saint-Étienne offre enfin des variations tout aussi grandes. A l'est du bassin, à la Chaux et à la Tardiverie, concession de

Terre-Noire, et dans les puits de Côte-Thiolière, on exploite une houille à coke placée à la limite des charbons à courte flamme et des charbons gras ordinaires (nos 17 à 20). La proportion des matières volatiles y est de 0,27. A Bérard, à la Roche, au quartier Gaillard et aux puits des Villes, dans le centre du bassin, c'est du charbon plus gras tenant 0,29 à 0,33 de matières volatiles (nos 23, 41, 42, 43).

A l'ouest de la mine des Villes, au Montsalson et aux Platières (nos 54 et 55), la houille est éminemment grasse et dégage jusqu'à 0,36 de matières volatiles. Enfin au sud-ouest du bassin, à la Béraudière, à Montrambert et à Firminy, la même couche donne exclusivement du charbon à gaz.

Ainsi donc la plupart des couches en passant d'un district à un autre changent de nature d'une manière très-notable. La même couche peut fournir tour à tour, mais en divers lieux, des charbons raffauds, des charbons gras, des charbons à courte flamme et des charbons à gaz.

Si maintenant nous passons aux diverses couches d'un même district, nous trouverons presque toujours entre elles une analogie assez grande. A la Béraudière toutes les couches sans exception, depuis la plus basse du système inférieur jusqu'à la plus élevée du système supérieur, donnent des charbons à gaz tenant 0,35 à 0,40 de matières volatiles. Elles ne diffèrent l'une de l'autre que par les cendres et des variations à peine sensibles dans les quantités relatives de bitume et d'eau. Au bois d'Aveize toutes les houilles du système supérieur sont éminemment bitumineuses et doublent de volume à l'analyse immédiate.

Dans la plaine de Bérard toutes les couches du sys-

tème moyen donnent du charbon gras ordinaire, etc.

Il suit de là que les houilles du bassin de la Loire ne sont pas, comme on pourrait être disposé à le croire *à priori*, d'autant plus anthraciteuses qu'elles proviennent de couches moins élevées au point de vue géologique.

Citons au reste quelques faits plus spéciaux.

A la Béraudière, c'est précisément la couche la plus basse, la troisième brûlante du système inférieur, qui dégage la proportion la plus forte de matières volatiles, 0,38 à 0,40.

A Rive-de-Gier, dans la concession de Couzon, la bâtarde donne un charbon plus gras, une proportion moindre de coke, que la grande couche située à une trentaine de mètres plus haut.

De même aux Verchères, c'est la couche la plus basse, la *bourrue* qui perd le plus à la calcination (0,36), tandis que la grande masse et la bâtarde ne perdent ici que 0,28 à 0,29.

En un seul point la loi de décroissance dans la proportion de carbone semble se vérifier, lorsqu'on passe des couches inférieures aux couches les plus élevées. C'est à l'est de Saint-Étienne, le long d'une coupe qui irait de Chaney au bois d'Aveize.

A la base on trouve le charbon anthraciteux de la couche de la Vaure avec 0,17 de matières volatiles; puis les charbons à courte flamme de la couche des Roches (0,20), et ceux de la grande couche inférieure (0,24 à 0,25). Viennent ensuite les deux petites couches n°s 11 et 12 de Reveux (0,30), la grande de Côte-Thiolière du système moyen (0,27), et, en dernier lieu, les couches du bois d'Aveize du système supérieur (0,33 à 0,36). Cependant, même dans cette coupe, les petites couches de Reveux font exception à la règle en question.

En résumé on voit que ce sont plutôt les houilles des diverses couches d'un même district qui restent semblables à elles-mêmes que celles d'une couche ou d'un système donné; que par suite, c'est *moins l'époque* à laquelle la houille s'est formée qui a exercé une certaine influence sur la nature du combustible, que la *situation des lieux* où les végétaux se sont développés et furent ensevelis, et peut-être aussi la *nature spéciale des végétaux* en rapport avec ces lieux.

TABLEAU ANALYTIQUE DES HOUILLES DU BASSIN DE LA LOIRE.

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES. Matières volatiles.	COKE. Charbon.	COKE. Cendres.	CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	COULEUR des CENDRES.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.

I. Houilles anthraciteuses, *dont le menu est impropre à la fabrication du coke.*

Dégagent moins de 0,06 de bitume, et au plus 0,01 d'eau ammoniacale.
Donnent du coke imparfaitement aggloméré, dans la proportion de 0,81 à 0,84, déduction faite des cendres.

1	Houille pérat du puits Martin. Concession de la Calaminière. Couche de la Vaure, ou n° 15 du système inférieur de Saint-Etienne.	16,0	79,0	5,0	6,0	0,17	Blanches légères.	Houille tendre, présentant alternativement des stries ternes et brillantes. Pesanteur spécifique, 1,35. Coke gris foncé, mal agglomere. Les fragments de houille sont incomplétement déformés par la calcination.
	La distillation lente a donné : Bitume. . . . 4,65; Eau ammoniacale. . . . 0,78; Matières non condensées. . 9,27; Coke 85,30; 100,00							
2	Houille pérat du puits de la Vaure. Concession de la Chazotte. Couche de la Vaure, ou n° 15 du système inferieur de Saint-Etienne.	16,6	81,3	2,1	2,5	0,17	Rouges légères.	Houille tendre, plus éclatante que la précédente. Coke gris foncé à reflets soyeux, mieux fondu que le précédent; néanmoins, on reconnaît encore la forme des fragments de houille.

II. Houilles grasses à courte flamme, *dont le menu, lorsqu'il est pur, produit d'excellent coke.*

Dégagent 0,06 à 0,10 de bitume et 0,01 d'eau ammoniacale.
Donnent du coke dur parfaitement aggloméré, mais faiblement boursouflé, dans la proportion de 0,74 à 0,80, déduction faite des cendres.

3	Houille pérat du pré du Soleil. Concession du Montcel. Couche des Roches, ou n° 14 du système infé-	19,6	77,6	2,8	3,5	0,20	Grises.	Houille noire éclatante coupée de filets ternes. Coke gris bien fondu et compacte. Le menu de cette mine est mêlé de schistes; par ce motif, il ne peut donner du coke de première qualité. Dans la mine voisine de

4	Houille pérat de la couche du Saignat. Concession de Roche-la-Molière. Couche n° 14 ou 15 du système inférieur de Saint-Etienne. .	[illegible]	[illegible]	[illegible] (Jan.)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	…lante et tendre, recherchée pour la forge et le coke. Structure feuilletée. Le premier échantillon a donné à l'essai, par kilogramme, 285 litres de gaz; le second, 317 litres.
		Autre échantillon :						
		21,1	76,5	2,4 (Frich.)	3,0	0,22	Grises.	
5	Houille pérat de la couche du Peyron. Concession de Roche-la-Molière. Couche n° 15 ou 15 *bis* du système inférieur de St-Etienne. .	20,7	72,2	7,1 (Jan.)	9,0	0,22	Grises.	Houille ordinaire très-feuilletée. Coke gris métalloïde. Pourrait servir à la fabrication du coke de hauts-fourneaux. A donné par kilogramme 300 litres de gaz.
5 *bis*.	Houille pérat du puits Dolomieu. Concession de Roche-la-Molière. Couche de la Grille, ou n° 16 du système inférieur de St-Etienne. .	21,0	76,0	2,8 (Jan.)	8,6	0,22	Grises.	Houille à éclat vif, assez tendre. Coke gris métalloïde, moyennement boursouflé. Se vend comme charbon de forge de première qualité, et sert aussi pour la fabrication du coke de première qualité. Le kilogramme dégage à l'essai 291 litres de gaz. Ce charbon est un peu plus estimé que le n° 4 (couche du Saignat).
6	Houille pérat du puits Montessut. Concession d'Unieux et Fraisse. Grande couche du système de Rive-de-Gier, remontant au jour à l'extrémité occidentale du bassin de Saint-Etienne.	21,0	73,5	5,5	7,0	0,22	Grises.	Houille tendre extrêmement éclatante. Coke bien fondu et dur.
7	Houille pérat du puits Ste-Marie. Concession de Chaney. Grande couche du système inférieur de Saint-Etienne, ou n° 13.	24,3	73,8	1,9	2,5	0,25	Grises.	Houille moyennement tendre, à éclat vif. Coke dur argentin. Le menu est fort recherché pour le coke de première qualité. Le coke, fabriqué en grand, m'a donné 0,08 de cendres. On obtient en grand 0,60 à 0,63 de coke.
		Échantillon de houille menue de la même mine :						
		21,7	74,8	3,5	4,5	0,225	Grises.	
8	Houille pérat du puits Rosan. Concession de Reveux. Grande couche du système inférieur de Saint-Etienne..	22,8	72,8	4,4	5,7	0,24	Grises un peu rosées.	Houille friable éclatante, traversée par des schistes qui rendent le menu impur. Donne, par ce motif, du coke de deuxième qualité pour les hauts-fourneaux, qui laisse 0,18 de cendres.

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES. Matières volatiles.	COKE. Charbon.	COKE. Cendres.	CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres	COULEUR des CENDRES.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.
9	Houille du puits Saint-Claude Concession de Méons. Grande couche du système inférieur de Saint-Etienne, dite dans cette concession couche de l'Etang.	*Houille pérat.*						Houille tendre d'un beau noir éclatant. Coke gris argentin, dur et compacte; c'est le coke le plus recherché du bassin de la Loire, et la houille l'un des charbons de forge les plus estimés. Le coke, fabriqué en grand, m'a donné 0,055 de cendres. On obtient, comme à Chaney, 0,60 à 0,63 de coke, dans la fabrication courante.
		24,2	74,3	1,5	2,0	0,25	Grises.	
		La distillation lente a donné : Bitume. . . . . 8,80; Eau ammoniacale. . . . . . 0 96; Matières non condensées. . 11 55; Coke. 78,69; 100,00						
		Houille menue prise dans la mine.						
		23,1	73,8	3,1	4,0	0,24	Grises.	
		Houille menue passée au crible pour la fabrication du coke.						
		24,5	72,1	3,4	4,5	0,25	Grises.	
10	Houille pérat du puits de l'Étang. Même mine que les échantillons n° 9.	23,5	74,1	2,4 (Faigo.)	3,2	0,24	Grises.	Mêmes propriétés que les échantillons n° 9. Le kilogramme de houille a donné 328 litres de gaz.
11	Houille pérat du puits du Cros. Concession du Cros. Grande couche du système inférieur de Saint-Etienne, ou n° 13.	1° Partie inférieure de la couche :						Houille formée de veines alternativement éclatantes et ternes. Charbon de forge de qualité inférieure, donnant du coke de deuxième qualité. Ce dernier est gris argentin assez foncé. L'échantillon 3° a donné par kilogramme 330 litres de gaz.
		23,3	69,6	7,1	9,3	0,25	Blanches.	
		2° Partie supérieure de la couche :						
		24,5	69,3	6,2	8,2	0,26	Blanches.	
		3° Échantillon essayé par M. (Faigo.)						
		23,5	71,5	5,0	6,5	0,25	Blanches.	

12	Houille pérat du puits St-Denis. Concession de Montbieux. Couche n° 8 du système moyen de Saint-Étienne.	24,0	72,5	3,5	4,6	0,25	Grises.	Houille tendre assez éclatante, se divisant en plaquettes; bonne pour forge et pour coke de deuxième qualité, lorsque le menu n'est pas trop mêlé de schistes.
13	Houille pérat de la couche du Moulin. Concession de Roche-la-Molière. Couche 13 *bis* ou 14 du système inférieur de St-Étienne.	22,4	63,6	14,0 (JAN.)	18,0	0,26	Grises.	Houille très-impure non exploitée. Coke gris terne, bien fondu. Le kilogramme a donné 275 litres de gaz.
14	Houille pérat du puits Pinay. Concession de la Péronière. Grande couche du système de Rive-de-Gier.	Partie supérieure de la couche :						Houille à éclat vif, donnant d'excellent coke de hauts-fourneaux. Le coke, fabriqué en grand dans les fours, a donné à mon frère 0,115 de cendres et 0,0025 de soufre. Le coke fait en plein air 0,14 de cendres et 0,0033 de soufre; c'est l'un des cokes les moins sulfureux du bassin de la Loire. La partie inférieure de la couche a produit par kilogramme 272 litres de gaz. Dans les fours, on obtient 0,61 à 0,63 de coke; en plein air, 0,55 à 0,57.
		24,0	72,2	2,8 (JAN.)	5,0	0,25	Jaunâtres.	
		Partie inférieure de la couche :						
		24,2	70,2	5,6 (FRICK)	7,4	0,26	Jaunâtres.	
15	Houille pérat du puits Saint-Isidore. Concession du Reclus. Grande couche du système de Rive-de-Gier.	23,7	72,1	4,2 (FRICK.)	5,5	0,25	»	Houille tendre à éclat assez vif. Coke moyennement boursouflé. Le menu de ce puits est en grande partie transformé en coke de hauts-fourneaux laissant 0,12 à 0,15 de cendres. Le kilogramme de houille donne 294 litres de gaz.
16	Houille pérat du puits Henry. Concession de Corbeyre. Couche bâtarde du système de Rive-de-Gier.	23,0	71,0	3,0	3,9	0,24	»	Houille un peu schisteuse entremêlée de veines ternes. Pesanteur spécifique, 1.315. Coke moyennement boursouflé.
		Composition élémentaire : Hydrogène 5,05; Oxygène et azote 4,42; Carbone 90,53; 100,00 (RIVOT.)						

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES. Matières volatiles.	COKE. Charbon.	COKE. Cendres.	CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	COULEUR des CENDRES.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.

III. Houilles grasses tendres et maréchales.

Dégagent 0,10 à 0,14 de bitume, 0,01 à 0.03 d'eau ammoniacale.

Donnent du coke moins dur et surtout plus boursouflé que les houilles grasses à courte flamme, dans la proportion de 0,64 à 0,74, déduction faite des cendres.

On peut les diviser en trois groupes.

Premier groupe. — *Charbons qui se rapprochent des houilles à courte flamme, et, comme elles, recherchés pour la fabrication du coke.* — Proportion de coke sans cendres, 0,71 à 0,74.

17	Houille pérat du puits Remel. Concession de Monthieux. Quatrième couche du système moyen de Saint-Etienne.	24,8	69,9	5,3 (Frich.)	7,1	0,26	»	Houille à éclat assez vif. Coke gris argentin. Le menu donne du coke de hauts fourneaux. Le kilogramme a donné 306 litres de gaz. — Proportion de soufre dans la houille, 0,0083.
18	Houille pérat du puits Remel. Concession de Monthieux. Troisième couche du système moyen de Saint-Etienne.	25,2	68,7	6,1 (Frich.)	8,1	0,27	Blanches.	Houille semblable à la précédente. Le menu a également servi à la fabrication du coke de deuxième qualité. Le kilogramme a dégagé 272 litres de gaz.
19	Houille pérat de la mine du Pont-de-l'Ane. Concession de Côte-Thiolière. Troisième couche ou grande masse du système moyen de Saint-Etienne.	25,7	69,1	5,2	7,0	0,27	Blanches.	Houille à éclat vif. Le gros est assez dur. Coke gris argentin passablement boursouflé. Le menu de cette mine est en grande partie transformé en coke de hauts-fourneaux qui laisse 0,15 à 0,18 de cendres
	L'échantillon vient de la partie de la couche dite *Carraude*, qui est un peu plus pure que la moyenne.							
20	Houille pérat de la mine de la Petite-Chaux. Concession de Terre-Noire. Partie inférieure de la grande masse, ou quatrième couche du	25,0	67,4	7,6 (Frich.)	10,1	0,27	»	Houille semblable aux trois précédentes. Les trois mines sont d'ailleurs contiguës. Le menu de cette couche, mêlé à celui de la troisième couche, a été transformé en coke pour le service des hauts-fourneaux

	[illegible] sion de Berard. Quatrième couche du système moyen de St-Etienne.	[illegible]	[illegible]	[illegible] (Faicн.)	[illegible]	[illegible]	»	[illegible], à cause de la forte proportion de cendres que laisse le menu. Gaz obtenu par kilogramme, 340 litres.
22	Houille pérat du puits du Milieu. Concession de la Roche. Troisième couche, ou grande masse du système moyen de Saint-Etienne. . .	25,3	67,6	7,1 (Faicн.)	9 6	0,27	»	Houille semblable à celle de Côte-Thiolière (n° 19). Gaz obtenu par kilogramme, 331 litres. Charbon de forge et de coke de qualité ordinaire.
23	Houille pérat du puits de l'Enclos, exploitation Didier. Concession de Bérard. Troisième couche, ou grande masse du système moyen de Saint-Etienne. (Mine contiguë à la précédente.).	27,2	67,9	4,9 (Faicн.)	6,8	0,29	»	Houille grasse ordinaire, d'une dureté moyenne. Dégage 351 litres de gaz par kilogramme. Cette houille forme en quelque sorte le passage du premier groupe au second.
24	Houille pérat du puits Saint-Matthieu. Concession du Reclus. Grande couche du système de Rive-de-Gier.	27,8	69,3	2,9	4,0	0,29	Grises rosées.	Houille de forge de qualité ordinaire, dont le menu sert à la fabrication du coke de hauts-fourneaux, comme le charbon du puits voisin Saint-Isidore (n° 15). Le coke est moyennement boursouflé.
25	Houille pérat de la mine, et concession de la Grand-Croix. Grande couche de Rive-de-Gier. Le 2e échantillon vient du puits neuf. Les échantillons 3e et 4e ont été choisis avec soin, et sont plus purs que la moyenne. Ils ont été analysés par (M. Regn.).	*1er échantillon.*						
		26,0	67,3	6,7	9,0	0,28	Un peu jaunâtres.	Houille noire éclatante, dont le menu est principalement transformé en coke de hauts-fourneaux. Le kilogramme a donné 345 litres de gaz.
		2e échantillon (essayé par M. (Faicн.)						
		27,7	67,7	4,6	6,4	0,29	*Id.*	La houille est très-grasse; le coke passablement boursouflé. Il est un peu moins bon que celui de la mine voisine de la Péronière (n° 14).
		3e échantillon (partie supérieure).						
		29,7	68,5	1,8	2,6	0,315	Jaunes.	La houille de la Grand-Croix forme, comme celle du n° 23, le passage des charbons gras du premier groupe à ceux du second.
		4e échantillon (partie inférieure).						
		28,8	69,8	1,4	2,0	0,30	Blanches.	On obtient en grand, dans les fours, 0,58 de coke, qui laisse en moyenne 0,10 à 0,14 de cendres, et renferme 0,004 à 0,007 de soufre.

Composition élémentaire des échantillons.

	n° 3	n° 4
Hydrogène	5.23	4.93
Oxygène et azote. .	5,73	6.00
Carbone.	89 04	89 07
	100.00	100.00

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES. Matières volatiles.	Charbon.	Cendres.	CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres	COULEUR des CENDRES.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et l ur emploi dans les arts.
26	Houille pérat du puits Charles. Concession de Firminy. Couche de Latour, ou grande du système inferieur de Saint-Etienne. . . . . . La mine a été souvent envahie par le feu grisou.	27,1	66,9	6,0 (Fraich.)	8,2	0,29	»	Houille tendre très-éclatante et grasse. Bonne pour forge et coke de qualité moyenne. Le coke est gris argentin et boursouflé. Dégage 374 litres. Cette houille passe également au groupe suivant.
		C'est l'une des houilles qui dégage le plus de gaz, mais un gaz très-peu lumineux, c'est-à-dire peu dense et peu carburé.						
27	Houille pérat du puits de Combe-blanche. Concession d'Unieux. La quatrième couche de ce puits, probablement l'une des couches du système inférieur de Saint-Etienne.	26,0	67,2	7,8 (Jan.)	10,5	0,28	Blanches.	Houille schisteuse assez grasse. Coke moyennement boursouflé, d'un gris assez foncé.
	Deuxième groupe. — *Houilles grasses ordinaires.* Variété la plus répandue à Saint-Étienne, donnant 0,65 à 0,70 de coke, et 0,10 à 0,12 de bitume.							
28	Houille pérat du puits du Chêne. Concession de la Roche. Cinquième couche du système moyen de Saint-Etienne.	28,5	67,9	3,6	5,0	0,30	Jaunes rougeâtres.	Houille à éclat vif et assez tendre. C'est un bon charbon de forge, dont on peut aussi faire du coke de première qualité. Dans la distillation lente, il double de volume.
		La distillation lente a donné : Bitume et goudron . . . . 11,69; Eau ammoniacale. . . . . 1,56; Matières non condensées. . 11,37; Coke. 75,38; 100,00						
29	Houille pérat du pré Vincent. Concession de Bérard. Cinquième couche du système moyen de Saint-Etienne.	29,2	66,7	4,1	5,8	0,305	Rouges.	Houille un peu moins bonne que la précédente; elle est entremêlée de quelques filets terreux.

30	Houille pérat de la mine du Treuil. Concession du Treuil. Cinquième couche du système moyen de Saint-Etienne.	20,0	65,0	4,2 (Faiss.)	6,0	0,31	Rouges.	Houille de forge de bonne qualité, semblable au nº 28. Principalement recherchée dans les ateliers de Paris. Donne 345 litres de gaz.
31	Houille menue du puits Thibaut. Concession de Terre-Noire. Cinquième couche du système moyen de Saint-Etienne.	31,8	58,7	9,5	14,0	0,85	Brunes rougeâtres.	Houille de forge de qualité très-médiocre, à cause de l'abondance des cendres. Contient 0,0054 de soufre.
32	Houille pérat du pré Vincent. Concession de Berard. Sixième couche du système moyen de Saint-Etienne.	27,1	64,0	8,9	12,2	0,30	Grises.	Houille très-entremêlée de nerfs, et, par ce motif, inexploitée.
33	Houille pérat du puits Deville. Concession de la Roche. Septième couche du système moyen de Saint-Etienne.	28,3	66,3	5,4	7,5	0,80	Blanches.	Houille grasse ordinaire assez dure, à structure en écussons, entremêlée de nerfs, et, par ce motif, seulement employée pour le chauffage domestique et les feux à grille.
34	Houille perat du pré Vincent. Concession de Bérard. Septième couche du système moyen de Saint-Etienne.	25,3	63,7	11,0	14,7	0,30	Blondes.	Houille semblable à la précédente, et entremêlée de veines ternes. Le coke est néanmoins bien fondu et boursouflé.
35	Houille pérat du puits de la Pompe. Concession du Treuil. Septième couche du système moyen de Saint-Etienne.	29,7	62,9	7,4	10,5	0,32	Grises jaunâtres.	Houille entièrement semblable aux deux précédentes. Elle est de qualité très-ordinaire, à cause de la forte proportion de cendres. A part cela, elle est collante, car le coke est bien fondu et boursouflé.
	Houille menue de la même couche.	26,0	58,9	15,1	20,5	0,31	Jaunâtres.	
36	Houille pérat du puits Saint-André. Concession de Méons. Huitième couche du système moyen de Saint-Etienne.	27,8	65,7	6,5	9,0	0,30	Blondes.	Houille à éclat moyennement vif, entrecoupée de veinules ternes. Coke boursouflé, argentin. On fabrique, avec le menu, du coke de deuxième qualité. Le kilogramme a donné à l'essai 366 litres de gaz.
	Houille pérat de la même mine, mais du puits du Bessard.	27,1	64,1	8,8	12,0	0,30	*Id.*	
37	Houille menue du puits Peyret. Concession de Bérard. Huitième couche du système moyen de Saint-Etienne.	29,9	64,2	5,9	8,5	0,32	Brunes.	Houille plus pure et à éclat plus vif que la précédente. Se vend comme bon charbon de forge. On en peut faire aussi de bon coke. Contient 0,0105 de soufre.

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES — Matières volatiles.	COMPOSITION DES HOUILLES — COKE. Charbon.	COMPOSITION DES HOUILLES — COKE. Cendres.	CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et le poids de la houille déduction faite des cendres.	COULEUR des cendres.	OBSERVATIONS — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.
38	Houille pérat du puits Bréchignac. Concession de Bérard. Huitième couche du système moyen de Saint-Étienne.	30,3	61,0	8,7 (Faicm.)	12,5	0,33	Blondes.	Houille grasse ordinaire de même espèce que celle du n° [illegible]. Les deux mines sont, au reste, contiguës. Le kilogramme a dégagé [illegible] litres de gaz.
39	Houille pérat de l'ancienne mine Thivolet de Reveux. Concession de Chaney. Douzième couche, appartenant au système inférieur de Saint-Étienne.	26,7	64,5	8,8 (Faicm.)	12,0	0,30	»	Houille grasse moyennement tendre, dont le menu a servi à la fabrication du coke de hauts-fourneaux. Le kilogramme a donné 334 litres de gaz.
40	Houille pérat de l'ancienne mine du sieur Brison, à Reveux. Concession de Reveux. Petite couche n° 11 immédiatement supérieure à la précédente.	25,7	64,3	10,0 (Faicm.)	13,4	0,30	»	Houille grasse de qualité médiocre, à cause de l'abondance des cendres. Le kilogramme a donné 318 litres de gaz. La houille contient 0,0030 de soufre.
41	Houille pérat du puits de la Garenne. Concession du Quartier Gaillard. Troisième ou grande couche du système moyen de Saint-Étienne.	28,4	70,4	1,2 (Faicm.)	1,6	0,30	Blanches.	Houille très-grasse et à éclat très-vif. Coke argentin très-boursouflé. Bonne houille de forge. Le kilogramme a donné 306 litres de gaz. En moyenne, le charbon de cette couche est cependant moins pur, surtout le menu.

		Villes.						
42	Houilles pérat de la mine des Villes. Concession de Dourdel et Montsalson. Grande couche du système moyen (mine Grangette). . .	30,4	68,0	1,6	2,3	0,30	Rosées.	L'une des houilles les plus éclatantes et les plus pures du bassin de la Loire. C'est le charbon de forge le plus estimé du bassin. Le coke est également très-pur, mais il est divisé en prismes minces très-allongés; par suite assez friable et d'un transport difficile. Le coke est blanc argentin, très-boursouflé. A l'essai, la houille double de volume.
		La distillation lente a donné : Bitume et goudron. . . . . 12,15; Eau ammoniacale. . . . . 2,78; Matières non condensées. . 13,61; Coke. . . . . 71,41; total 100 00						
		2° *Échantillon de la Brunandière.*						
		31,8	66,2	2,0	3,0	0,33	Grises.	Cette houille forme le passage au troisième groupe des houilles grasses.
		Le kilogramme a donné 330 litres de gaz. En grand, cette houille donne 0,55 à 0,56 de coke.						
43	Houille pérat du puits Deville. Concession de la Roche. Troisième couche du système moyen.	31,9	65,7	2,4	3,5	0,33	Blanches.	Houille à éclat vif, peu dure. C'est un bon charbon de forge, peu différent de la houille n° 28 du même puits. Le coke est gris clair argentin, boursouflé.
		La distillation lente a donné : Bitume et goudron. . . . . . 12,0; Eau ammoniacale . . . . . . 2,1; Matières non condensées. . . 13,2; Coke. . . . . 72,7; total 100,0						
	Houille menue de la même couche..	32,5	61,6	6,4	9,5	0,35	Blanches.	
44	Houille pérat du puits n° 3 de la concession de Montsalson. Grande couche du système inférieur de Saint Etienne..	29,6	64,4	6,0	9,5	0,315	Grises.	Houille grasse passant aux houilles dures; elle est sillonnée de veines ternes. Ce double caractère indique un accroissement dans la proportion d'oxygène. On fabrique cependant encore, avec le menu, du coke de deuxième qualité.
45	Houille pérat du puits Beaunier. Concession de Villards. Grande couche du système inférieur de Saint-Etienne..	33,7	63,0	3,3	5,0	0,35	Rosées.	Houille grasse passant aux houilles dures à gaz. Elle est striée de parties ternes, comme celle du numéro précédent. Coke boursouflé, peu dur. La houille contient de nombreuses parties de *fusin* minéral. On a fabriqué avec cette houille du coke de deuxième qualité; et à Montpellier, on s'en est servi pour le gaz d'éclairage.

NUMÉROS D'ORDRE	[illegible]	Composition [illegible]: Matières volatiles	Coke: Charbon	Coke: Cendres	[illegible]	[illegible]	[illegible] des cendres	Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.
46	Houille pérat du puits Villefosse. Concession de Villards. Grande couche du système inférieur de Saint-Étienne.	33,8	63,9	2,3	4,5	0,35	Blanches.	Houille plus dure que la précédente, striée comme elle de parties ternes. Le menu de ce puits est moins pur que celui du puits Brounier; le coke moins boursouflé. Employée pour le chauffage domestique et dans les fours à griffe. Passe aux houilles dures à longue flamme.
47	Houille pérat du puits de Combe-blanche. Concession d'Unieux. Deuxième couche de ce puits; probablement la grande du système inférieur de Saint-Étienne.	32,6	62,9	4,5 (Jau.)	6,6	0,34	Grises.	Houille tendre schisteuse, à feuillets contournés; son éclat est vif. Elle contient beaucoup de fusin minéral. Coke bien fondu, très-boursouflé, mais fragile. Passe aux houilles très-bitumineuses du troisième groupe.
48	Houille pérat du puits de Combe-blanche. Concession d'Unieux. Troisième couche de ce puits. Couche n° 14? du système inférieur de Saint-Étienne.	32,6	64,7	2,7 (Jau.)	4,0	0,335	Grises.	Houille très-éclatante et tendre. Elle donne un coke très-boursouflé léger et friable. Comme la précédente, elle passe au groupe suivant des houilles grasses très-bitumineuses.

Troisième groupe. — *Houilles grasses très-bitumineuses et très-collantes.*

Donnant 0,64 à 0,67 de coke, et 0,12 à 0,14 de bitume.

Ces charbons sont tendres, très-inflammables, d'un beau noir très-éclatant; plus hydrogénés que les charbons du deuxième groupe, moins oxygénés que les charbons durs de la quatrième classe.

49	Houille pérat du bois d'Aveize. Concession de Terre-Noire. Grande couche, ou cinquième du système supérieur de Saint-Etienne	33,1	65,6	1,3	2,0	0,335	Blondes très-légères.	Houille noire très-éclatante, se boursoufle dans le creuset de façon à plus que doubler de volume. Coke blanc argentin, très-léger et fendillé. Cette houille donne à la distillation lente une forte proportion d'essence légère très-volatile.
		La distillation lente a donné : Bitume et goudron. . . . . . 12,2; Eau ammoniacale. . . . . . . 1 3; Matières non condensées . . 17,4; Coke 69,1; 100,0						
50	Houille pérat du bois d'Aveize. Concession de Terre-Noire. Couche du bon menu, ou troisième du système superieur de St-Etienne.	35,1	62,3	2,6	4,0	0,36	Rouges.	Houille fibreuse très-éclatante. Fond à une température peu élevée. Double de volume à la calcination. Coke blanc argentin. Dégage des essences très-légères. Ressemble, en un mot, à la houille précédente; seulement le menu est moins pur.
51	Houille pérat du bois d'Aveize. Concession de Terre-Noire. Couche dite la *Rouillat*, ou deuxième du système supérieur de St-Etienne.	32 0	65,2	2,8 (Frich.)	4,1	0,33	Rouges.	Ressemble aux deux houilles précédentes, mais est un peu moins pure. Le kilogramme a dégagé 327 litres de gaz.
52	Houille menue du bois d'Aveize. Concession de Terre-Noire. Couche dite la *Mourinée*, ou première du système superieur de St-Etienne.	33,8	60,1	6,1	9,2	0,36	Blondes.	Houille très-grasse et très-friable. On en fabriquait autrefois du coke pour fineries. Ce dernier est très-boursouflé, léger et fendillé.
45	Houille menue de la petite Ricamarie. Concession de la Béraudière. Grande couche du système moyen.	32,0	61,2	6,8 (Jan.)	11,1	0,34	•	Houille grasse tendre. On fait avec ce menu du coke de haut-fourneaux un peu léger. La proportion de coke obtenue en grand varie de 0,52 à 0,54. Donne des essences moins légères que les houilles du bois d'Aveize.
		La houille de la mine voisine des Genêts et de la même couche, renferme 0,0078 de soufre.						
54	Houille pérat de la mine des Platières. Concession de Dourdel et Montsalson. Grande couche du système moyen de Saint-Etienne.	35,8	62,8	1,4	2,2	0,36	Blondes.	Houille très-éclatante et grasse, dont le menu est recherché pour la petite forge. Coke fendille se divisant en prismes allongés d'un faible diamètre. Le coke fabriqué en grand laisse 0,075 de cendres. On obtient en grand 0,50 de coke. Dans la distillation lente, la houille fait plus que doubler de volume.
		La distillation lente a donné : Bitume et goudron . . . . . 13,47; Eau ammoniacale. . . . . . 3,22; Matières non condensées. . 16,01; Coke. 67,30; 100,00						

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES — Matières volatiles.	COKE — Charbon.	COKE — Cendres.	CENDRES dans 100 part es de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	COULEUR des CENDRES.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.
55	Houille pérat du puits n° 1 de Montsalson. Concession de Dourdel et Montsalson. Grande couche du système moyen de St Etienne.	35,5	61,5	3,0	4,7	0,366	Grises rougeâtres.	Houille semblable à la précédente Donnant du menu de forge et du coke de première qualité. Ce dernier est également fissuré, en prismes minces et un peu friable. — Ces trois dernières houilles, par l'accroissement de l'eau ammoniacale obtenue par la distillation, montrent une certaine tendance à passer aux houilles de la quatrième classe.

IV. Houilles grasses et dures.

On peut les diviser en deux groupes :

1° Les houilles à longue flamme ou *à gaz* (de la Ricamarie);

2° Les houilles dures proprement dites, ou *raffauds* (de Rive-de-Gier).

Les houilles de cette classe sont dures et peu éclatantes, d'une teinte noire tirant sur le brun. — Elles collent moins que les charbons des deux classes précédentes. Brûlent avec fumée très-abondante. Donnent un coke peu consistant.

Premier groupe. — *Houilles à gaz, riches en oxygène et en hydrogène.*

Dégagent { 0,14 à 0,16 de bitume;
0,03 à 0,05 d'eau ammoniacale.

Donnent : 0,60 à 0,65 de coke, déduction faite des cendres.

56	Houille pérat des Littes. Concession de la Béraudière. Troisième ou grande couche du système moyen de Saint-Etienne. Type des houilles à gaz du bassin de la Loire.	35,0	58,8	5,6	8,7	0,38	Blanches.	Houille dure d'un éclat faible. C'est la meilleure houille à gaz du bassin de la Loire. Elle gonfle peu à la distillation, et donne cependant plus de bitume que les houilles grasses proprement dites, mais aussi une proportion plus forte d'eau. Le coke est poreux, mais peu boursouflé. En grand on obtient 50 p. 100 de coke.
		2e *échantillon.*						
		34,0	58,7	7,3	11,0	0.37	*Id.*	
		3e *échantillon.*						
		35,0	60,1	4,9	7,6	0,37	*Id.*	
		(Ces deux derniers essayés par M. (Jan.).						
		Le premier échantillon a donné à la distillation lente : Bitume et goudron. . . . . . 15,7 Eau ammoniacale. . . . . . . 4,6 Matières non condensées. . . 13,5 Coke. 66,2 100,0						Le coke de l'usine à gaz de Saint-Etienne, provenant de cette houille, m'a donné : Matières gazeuses. . . . . . 0,044 Cendres blanches. 0,103
		Le troisième échantillon a donné à l'essai, par kilogramme, 280 litres de gaz. Dans les usines à gaz, on a 260 à 280 litres.						
57	Houille pérat du puits Marseille. Concession de Montrambert. Troisième ou grande couche du système moyen de Saint-Etienne. Mine contiguë à la précédente. . .	1re *qualité*, prise près du toit :						Houille moins pure que la précédente, et par ce motif peu employée dans les usines à gaz. Recherchée pour le chauffage domestique, à cause de sa dureté. Coke peu boursouflé. La houille contient des veines de fusin minéral.
		34,0	57,8	8,1	12,2	0,37	Blanches.	
		2e *qualité*, prise près du toit :						
		35,4	56,6	10,0	15,5	0,39	*Id.*	
58	Houille pérat de la Malafolie. Concession de Firminy. Grande couche du système moyen de St-Etienne.	34,0	56,8	9,2 (Faich.)	15,8	0,38	»	Charbon dur, peu éclatant, à structure fibreuse, entremêlé de nerfs. Recherché pour le chauffage domestique. Ressemble à la houille précédente.
59	Houille pérat du puits n° 3 de la mine et concession de la Béraudière. Couche des *trois Gores*, ou première au dessus de la grande couche du système moyen.	36,8	58,1	5,1	8,0	0,39	Blondes.	Charbon dur. Coke poreux, friable, bien fondu, mais peu boursouflé.
60	Houille pérat du puits n° 3 de la mine et concession de la Béraudière. Couche dite *petite veine*, ou deuxième couche au-dessus de la grande masse.	35,6	59,9	4,5 (Faich.)	7,0	0,37	Jaunâtres.	Houille dure, striée de parties ternes, bonne pour le chauffage domestique. Coke peu boursouflé. La houille renferme des pyrites. Le kilogramme a donné 334 litres de gaz.

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES.			CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	COULEUR des CENDRES.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.
		Matières volatiles.	COKE. Charbon.	COKE. Cendres.				
61	Houille pérat de la mine et concession de la Béraudière. Couche dite *grande veine*, ou troisième au-dessus de la grande couche du système moyen.	34,8	61,3	3,9	6,0	0,36	Blondes rosées.	Houille dure fibreuse, plus grasse que les deux précédentes. Coke bien fondu. Employée pour la petite forge et recherchée pour le chauffage domestique. La plupart des houilles à longue flamme de la Ricamarie se divisent en petits fragments parallélipipédiques.
62	Houille pérat de l'ancienne mine de l'Hospice. Concession de la Béraudière. Petite couche supérieure des Littes, ou troisième au-dessus de la grande couche du système moyen.	34,7	62,1	3,2 ([illegible])	4,9	0,86	»	Même houille que la précédente. Provient de la même couche, mais d'une mine voisine. C'est la couche qui donne le charbon le plus pur de la Ricamarie. Le kilogramme dégage 328 litres de gaz.
63	Houille pérat du puits n° 2 de la mine et concession de la Béraudière. Couche dite première brûlante du système moyen de Saint-Etienne.	34,6	60,0	5,4	8,2	0,37	Rouges foncées.	Houille dure, donnant, sous le marteau, un son sec et clair. Elle est striée de parties ternes. Charbon peu collant. Coke poreux, friable, peu boursouflé. L'un des charbons les moins purs de la Ricamarie.
64	Houille pérat du puits n° 2 de la mine et concession de la Béraudière. Couche dite deuxième brûlante. Système moyen de Saint-Etienne.	34,3	62,7	3,0	4,5	0,35	Roses.	Houille plus tendre et plus grasse que la plupart de celles du même district. Se vend pour le gaz et pour la clouterie. Coke très-tendre, passablement boursouflé.
65	Houille pérat du puits n° 1 de la mine et concession de la Béraudière. Couche dite deuxième brûlante. Système moyen de Saint-	35,5	62,4	2,1	3,2	0,36	Roses.	Houille fibreuse, dure, donnant sous le marteau un son sec. Eclat terne. Poussière d'un brun café. Coke boursouflé, friable, mais imparfaitement fondu. Bon pour chauffage domestique.

66	Houille pérat de la mine et concession de Montrambert. Couche dite deuxième brûlante.	35,3	60,8	3,9 (Jan.)	6,0	0,37	Grises.	Houille et coke semblables à l'échantillon précédent.
67	Houille pérat de la mine du Brûle. Concession de la Beraudière. Couche dite deuxième brûlante, ou couche Vallon.	33,3	60,5	6,7 (Fraich.)	10,1	0,36	»	Houille semblable aux deux précédentes, mais moins pure. Le kilogramme a dégagé 128 litres de gaz.
68	Houille pérat du puits n° 2 de la mine et concession de la Béraudière. Grande couche du système inférieur, ou troisième brûlante. .	36,7	60,5	2,8	4,5	0,38	Blondes.	Houille peu éclatante, bonne pour les usines à gaz, meilleure que le n° 64. Coke léger, friable, bien fondu. Le gros recherché pour le chauffage domestique.
69	Houille pérat de la mine du Brûle. Concession de la Béraudière. Grande couche du système inférieur, ou troisième brûlante, appelée autrefois couche *Chomier*.	38,0	59,5	2,5	4,0	0,40	Blondes.	Houille plus grasse que la précédente. Coke boursouflé, très-léger. Bonne pour les usines à gaz et le chauffage domestique. Produit dans les usines à gaz plus de goudron que la houille n° 56.
70	Houille pérat de la Chauvetière. Concession de la Béraudière. Couche principale du système supérieur de Saint-Étienne.	33,1	53,7	13,2	19,7	0 38	Blondes.	Houille terne et dure, très-impure. Coke très-peu boursouflé. On reconnaît encore la forme des fragments de houille.
71	Houille pérat de la mine et concession de Montrambert. Partie centrale de la grande couche du système moyen.	47,3	47,2	5,5	10,5	0,50	Blanches jaunâtres.	Cette houille est du véritable *cannel-coal*. On n'en trouve nulle trace ailleurs dans le bassin de la Loire. Elle ressemble à du brai. Elle est tout à fait terne et à cassure conchoïde. Très-inflammable, petille dans le feu. La houille fond bien, mais n'augmente pas du tout de volume.
		La distillation lente a donné : Bitume. . . . . 21,6 ; Eau ammoniacale . . . . 4,8 ; Matières non condensées. . . 14,4 ; Coke . . . . . 59,2 ; [total] 100,0. Le bitume est brun clair, très-fluide, plus léger que l'eau, tandis que dans tous les autres essais le goudron est plus dense que l'eau ammoniacale.						

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES. Matières volatiles.	COKE. Charbon.	COKE. Cendres.	CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	COULEUR des cendres.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.
38	Houille pérat du puits Bréchignac. Concession de Bérard. Huitième couche du système moyen de Saint-Etienne.	30,3	61,0	8,7 (Faicu.)	12,5	0,33	Blondes.	Houille grasse ordinaire de même espèce que celle du n° 36. Les deux mines sont, au reste, contiguës. Le kilogramme a dégagé 365 litres de gaz.
39	Houille pérat de l'ancienne mine Thivolet de Reveux. Concession de Chaney. Douzième couche, appartenant au système inférieur de Saint-Etienne.	26,7	64,5	8,8 (Faicu.)	12,0	0,30	»	Houille grasse moyennement tendre, dont le menu a servi à la fabrication du coke de hauts-fourneaux. Le kilogramme a donné 334 litres de gaz.
40	Houille pérat de l'ancienne mine du sieur Brison, à Reveux. Concession de Reveux. Petite couche n° 11 immédiatement supérieure à la précédente.	25,7	64,3	10,0 (Faicu.)	13,4	0,30	»	Houille grasse de qualité médiocre, à cause de l'abondance des cendres. Le kilogramme a donné 318 litres de gaz. La houille contient 0,0020 de soufre.
41	Houille pérat du puits de la Garenne. Concession du Quartier Gaillard. Troisième ou grande couche du système moyen de Saint-Etienne.	28,4	70,4	1,2 (Faicu.)	1,6	0,30	Blanches.	Houille très-grasse et à éclat très-vif. Coke argentin très-boursouflé. Bonne houille de forge. Le kilogramme a donné 306 litres de gaz. En moyenne, le charbon de cette couche est cependant moins pur, surtout le menu.

42	Houilles pérat de la mine des Villes. Concession de Dourdel et Montsalson. Grande couche du système moyen (mine Grangette). . .	1° *Échantillon du puits des [illegible] Villes.*						
		30,4	68,0	1,6	2,3	0,30	Rosées.	L'une des houilles les plus éclatantes et les plus pures du bassin de la Loire. C'est le charbon de forge le plus estimé du bassin. Le coke est également très-pur, mais il est divisé en prismes minces très-allongés; par suite assez friable et d'un transport difficile. Le coke est blanc argentin, très-boursouflé. A l'essai, la houille double de volume.
		La distillation lente a donné : Bitume et goudron. . . . . 12,15 Eau ammoniacale. . . . . 2,78 Matières non condensées. . 13,61 Coke. 71,41 100 00						
		2° *Échantillon de la Brunandière.* .						
		31,8	66,2	2,0	3,0	0,33	Grises.	Cette houille forme le passage au troisième groupe des houilles grasses.
		Le kilogramme a donné 330 litres de gaz. En grand, cette houille donne 0,55 à 0,56 de coke.						
43	Houille pérat du puits Deville. Concession de la Roche. Troisième couche du système moyen.	31,9	65,7	2,4	3,5	0,33	Blanches.	Houille à éclat vif, peu dure. C'est un bon charbon de forge, peu différent de la houille n° 28 du même puits. Le coke est gris clair argentin, boursouflé.
		La distillation lente a donné : Bitume et goudron. . . . . . 12,0 Eau ammoniacale . . . . . . 2,1 Matières non condensées. . . 13,2 Coke. 72,7 100,0						
	Houille menue de la même couche.	32,5	61,6	6,4	9,5	0,35	Blanches.	
44	Houille pérat du puits n° 3 de la concession de Montsalson. Grande couche du système inférieur de Saint-Étienne.	29,6	64,4	6,0	9,5	0,315	Grises.	Houille grasse passant aux houilles dures; elle est sillonnée de veines ternes. Ce double caractère indique un accroissement dans la proportion d'oxygène. On fabrique cependant encore, avec le menu, du coke de deuxième qualité.
45	Houille pérat du puits Beaunier. Concession de Villards. Grande couche du système inférieur de Saint-Étienne.	33,7	63,0	3,3	5,0	0,35	Rosées.	Houille grasse passant aux houilles dures à gaz. Elle est striée de parties ternes, comme celle du numéro précédent. Coke boursouflé, peu dur. La houille contient de nombreuses parties de *fusin* minéral. On a fabriqué avec cette houille du coke de deuxième qualité; et à Montpellier, on s'en est servi pour le gaz d'éclairage.

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES. Matières volatiles.	COKE. Charbon.	COKE. Cendres.	CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	COULEUR des CENDRES.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.
46	Houille pérat du puits Villefosse. Concession de Villards. Grande couche du système inférieur de Saint-Etienne.	33,8	63,9	2,3	4,5	0,35	Blanches.	Houille plus dure que la précédente, striée comme elle de parties ternes. Le menu de ce puits est moins pur que celui du puits Beaunier; le coke moins boursouflé. Employée pour le chauffage domestique et dans les fours à grille. Passe aux houilles dures à longue flamme.
47	Houille pérat du puits de Combe-blanche. Concession d'Unieux. Deuxième couche de ce puits; probablement la grande du système inférieur de Saint-Etienne.	32,6	62,9	4,5 (JAN.)	6,6	0,34	Grises.	Houille tendre schisteuse, à feuillets contournés; son éclat est vif. Elle contient beaucoup de fusin minéral. Coke bien fondu, très-boursouflé, mais fragile. Passe aux houilles très-bitumineuses du troisième groupe.
48	Houille pérat du puits de Combe-blanche. Concession d'Unieux. Troisième couche de ce puits. Couche n° 14? du système inférieur de Saint-Etienne.	32,6	64,7	2,7 (JAN.)	4,0	0,335	Grises.	Houille très-éclatante et tendre. Elle donne un coke très-boursouflé léger et friable. Comme la précédente, elle passe au groupe suivant des houilles grasses très-bitumineuses.

Troisième groupe. — *Houilles grasses très-bitumineuses et très-collantes.*

Donnant 0,61 à 0,67 de coke, et 0,12 à 0,14 de bitume.

Ces charbons sont tendres, très-inflammables, d'un beau noir très-éclatant; plus hydrogénés que les charbons du deuxième groupe, moins oxygénés que les charbons durs de la quatrième classe.

49	Houille pérat du bois d'Aveize. Concession de Terre-Noire. Grande couche, ou cinquième du système supérieur de Saint-Etienne	33,1	65,6	1,3	2,0	0,335	Blondes très-légères.	Houille noire très éclatante, se boursoufle dans le creuset de façon à plus que doubler de volume. Coke blanc argentin, très-léger et fendillé. Cette houille donne à la distillation lente une forte proportion d'essence légère très-volatile.
		La distillation lente a donné : Bitume et goudron . . . . . . 12,2; Eau ammoniacale. . . . . . . 1 3; Matières non condensées . . 17,4; Coke . . . . 69,1; total 100,0						
50	Houille pérat du bois d'Aveize. Concession de Terre-Noire. Couche du bon menu, ou troisième du système supérieur de St-Etienne.	35,1	62,3	2,6	4,0	0,36	Rouges.	Houille fibreuse très-éclatante. Fond à une température peu élevée. Double de volume à la calcination. Coke blanc argentin. Dégage des essences très-légères. Ressemble, en un mot, à la houille précédente; seulement le menu est moins pur.
51	Houille pérat du bois d'Aveize. Concession de Terre-Noire. Couche dite la *Rouillat*, ou deuxième du système supérieur de St-Etienne.	32 0	65,2	2,8 (Frich.)	4,1	0,33	Rouges.	Ressemble aux deux houilles précédentes, mais est un peu moins pure. Le kilogramme a degagé 327 litres de gaz.
52	Houille menue du bois d'Aveize. Concession de Terre-Noire. Couche dite la *Mourinée*, ou première du système supérieur de St-Etienne.	33,8	60,1	6,1	9,2	0,36	Blondes.	Houille très-grasse et très-friable. On en fabriquait autrefois du coke pour fineries. Ce dernier est très-boursouflé, léger et fendillé.
45	Houille menue de la petite Ricamarie. Concession de la Béraudière. Grande couche du système moyen.	32,0	61,2	6,8 (Jan.)	11,1	0,34	»	Houille grasse tendre. On fait avec ce menu du coke de haut-fourneaux un peu léger. La proportion de coke obtenue en grand varie de 0,52 à 0,54. Donne des essences moins légères que les houilles du bois d'Aveize.
		La houille de la mine voisine des Genêts et de la même couche, renferme 0,0078 de soufre.						
54	Houille pérat de la mine des Platières. Concession de Dourdel et Montsalson. Grande couche du système moyen de Saint-Etienne.	35,8	62,8	1,4	2,2	0,36	Blondes.	Houille très-éclatante et grasse, dont le menu est recherché pour la petite forge. Coke fendillé se divisant en prismes allongés d'un faible diamètre. Le coke fabriqué en grand laisse 0,075 de cendres. On obtient en grand 0,50 de coke. Dans la distillation lente, la houille fait plus que doubler de volume.
		La distillation lente a donné : Bitume et goudron . . . . . 13,47; Eau ammoniacale. . . . . . 3,22; Matières non condensées. . 16,01; Coke. . . . . 67,30; total 100,00						

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES. Matières volatiles.	COKE. Charbon.	COKE. Cendres.	CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	COULEUR des CENDRES.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.
55	Houille pérat du puits n° 1 de Montsalson. Concession de Dourdel et Montsalson. Grande couche du système moyen de St Etienne.	35,5	61,5	3,0	4,7	0,366	Grises rougeâtres.	Houille semblable à la précédente. Donnant du menu de forge et du coke de première qualité. Ce dernier est également fissuré, en prismes minces et un peu friable. — Ces trois dernières houilles, par l'accroissement de l'eau ammoniacale obtenue par la distillation, montrent une certaine tendance à passer aux houilles de la quatrième classe.

IV. Houilles grasses et dures.

On peut les diviser en deux groupes :

1° Les houilles à longue flamme ou *à gaz* (de la Ricamarie);

2° Les houilles dures proprement dites, ou *raffauds* (de Rive-de-Gier).

Les houilles de cette classe sont dures et peu éclatantes, d'une teinte noire tirant sur le brun. — Elles collent moins que les charbons des deux classes précédentes. Brûlent avec fumée très-abondante. Donnent un coke peu consistant.

Premier groupe. — *Houilles à gaz, riches en oxygène et en hydrogène.*

Dégagent { 0,14 à 0,16 de bitume;
0,03 à 0,05 d'eau ammoniacale.

Donnent : [illegible] à [illegible] de coke, déduction faite des cendres.

56	Houille pérat des Littes. Concession de la Béraudière. Troisième ou grande couche du système moyen de Saint-Etienne. Type des houilles à gaz du bassin de la Loire..................	35,0	58,8	6,0	8,7	0,38	Blanches.		Houille dure d'un éclat faible. C'est la meilleure houille à gaz du bassin de la Loire. Elle gonfle peu à la distillation, et donne cependant plus de bitume que les houilles grasses proprement dites, mais aussi une proportion plus forte d'eau. Le coke est poreux, mais peu boursouflé. En grand on obtient 50 p. 100 de coke.
	2e échantillon.	34,0	58,7	7,3	11,0	0.37	*Id.*		Le coke de l'usine à gaz de Saint-Etienne, provenant de cette houille, m'a donné : Matières gazeuses...... 0,044; Cendres blanches....... 0,103
	3e échantillon.	35,0	60,1	4,9	7,6	0,37	*Id.*		
	(Ces deux derniers essayés par M. (Jan.).) Le premier échantillon a donné à la distillation lente : Bitume et goudron...... 15,7; Eau ammoniacale....... 4,6; Matières non condensées... 13,5; Coke.............. 66,2; total 100,0. Le troisième échantillon a donné à l'essai, par kilogramme, 380 litres de gaz. Dans les usines à gaz, on a 260 à 280 litres.								
57	Houille pérat du puits Marseille. Concession de Montrambert. Troisième ou grande couche du système moyen de Saint-Etienne. Mine contiguë à la précédente... — *1re qualité*, prise près du toit :	34,0	57,8	8,1	12,2	0,37	Blanches.		Houille moins pure que la précédente, et par ce motif peu employée dans les usines à gaz. Recherchée pour le chauffage domestique, à cause de sa dureté. Coke peu boursouflé. La houille contient des veines de fusin minéral.
	2e qualité, prise près du toit :	35,4	56,6	10,0	15,5	0,39	*Id.*		
58	Houille pérat de la Malafolie. Concession de Firminy. Grande couche du système moyen de St-Etienne................	34,0	56,8	9,2 (Frich.)	15,8	0,38	»		Charbon dur, peu éclatant, à structure fibreuse, entremêlé de nerfs. Recherché pour le chauffage domestique. Ressemble à la houille précédente.
59	Houille pérat du puits n° 2 de la mine et concession de la Béraudière. Couche des *trois Gores*, ou première au-dessus de la grande couche du système moyen......	36,8	58,1	5,1	8,0	0,39	Blondes.		Charbon dur. Coke poreux, friable, bien fondu, mais peu boursouflé.
60	Houille pérat du puits n° 3 de la mine et concession de la Béraudière. Couche dite *petite veine*, ou deuxième couche au-dessus de la grande masse..............	35,6	59,9	4,5 (Frich.)	7,0	0,37	Jaunâtres.		Houille dure, striée de parties ternes, bonne pour le chauffage domestique. Coke peu boursouflé. La houille renferme des pyrites. Le kilogramme a donné 334 litres de gaz.

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES. Matières volatiles.	COKE. Charbon.	COKE. Cendres.	CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	COULEUR des CENDRES.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.
61	Houille pérat de la mine et concession de la Béraudière. Couche dite *grande veine*, ou troisième au-dessus de la grande couche du système moyen.	34,8	61,3	3,9	6,0	0,36	Blondes rosées.	Houille dure fibreuse, plus grasse que les deux précédentes. Coke bien fondu. Employée pour la petite forge et recherchée pour le chauffage domestique. La plupart des houilles à longue flamme de la Ricamarie se divisent en petits fragments parallélipipédiques.
62	Houille pérat de l'ancienne mine de l'Hospice. Concession de la Béraudière. Petite couche supérieure des Littes, ou troisième au-dessus de la grande couche du système moyen.	34,7	62,1	3,2 (Frich)	4,9	0,36	»	Même houille que la précédente. Provient de la même couche, mais d'une mine voisine. C'est la couche qui donne le charbon le plus pur de la Ricamarie. Le kilogramme dégage 328 litres de gaz.
63	Houille pérat du puits n° 2 de la mine et concession de la Béraudière. Couche dite première brûlante du système moyen de Saint-Etienne.	34,6	60,0	5,4	8,2	0,37	Rouges foncées.	Houille dure, donnant, sous le marteau, un son sec et clair. Elle est striée de parties ternes. Charbon peu collant. Coke poreux, friable, peu boursouflé. L'un des charbons les moins purs de la Ricamarie.
64	Houille pérat du puits n° 2 de la mine et concession de la Béraudière. Couche dite deuxième brûlante. Système moyen de Saint-Etienne.	34,3	62,7	3,0	4,5	0,35	Roses.	Houille plus tendre et plus grasse que la plupart de celles du même district. Se vend pour le gaz et pour la clouterie. Coke très-tendre, passablement boursouflé.
65	Houille pérat du puits n° 1 de la mine et concession de la Béraudière. Couche dite deuxième brûlante. Système moyen de Saint-	35,5	62,4	2,1	3,2	0,36	Roses.	Houille fibreuse, dure, donnant sous le marteau un son sec. Eclat terne. Poussière d'un brun café. Coke boursouflé, friable, mais imparfaitement fondu. Bon pour chauffage domestique.

66	Houille pérat de la mine et concession de Montrambert. Couche dite deuxième brûlante.	35,3	60,8	3,9 (Jan.)	0,0	0,37	Grises.	Houille et coke semblables à l'échantillon précédent.
67	Houille pérat de la mine du Brûlé. Concession de la Béraudière. Couche dite deuxième brûlante, ou couche Vallon.	33,3	60,5	6,7 (Frich.)	10,1	0,36	»	Houille semblable aux deux précédentes, mais moins pure. Le kilogramme a dégagé 328 litres de gaz.
68	Houille pérat du puits n° 2 de la mine et concession de la Béraudière. Grande couche du système inférieur, ou troisième brûlante. .	36,7	60,5	2,8	4,5	0,38	Blondes.	Houille peu éclatante, bonne pour les usines à gaz, meilleure que le n° 64. Coke léger, friable, bien fondu. Le gros recherché pour le chauffage domestique.
69	Houille pérat de la mine du Brûlé. Concession de la Béraudière. Grande couche du système inférieur, ou troisième brûlante, appelée autrefois couche *Chomier*.	38,0	59,5	2,5	4,0	0,40	Blondes.	Houille plus grasse que la précédente. Coke boursouflé, très-léger. Bonne pour les usines à gaz et le chauffage domestique. Produit dans les usines à gaz plus de goudron que la houille n° 56.
70	Houille pérat de la Chauvetière. Concession de la Béraudière. Couche principale du système supérieur de Saint-Étienne.	33,1	53,7	13,2	19,7	0 38	Blondes.	Houille terne et dure, très-impure. Coke très-peu boursouflé. On reconnait encore la forme des fragments de houille.
71	Houille pérat de la mine et concession de Montrambert. Partie centrale de la grande couche du système moyen.	47,8	47,2	5,5	10,5	0,50	Blanches jaunâtres.	Cette houille est du véritable *cannel-coal*. On n'en trouve nulle trace ailleurs dans le bassin de la Loire. Elle ressemble à du brai. Elle est tout à fait terne et à cassure conchoïde. Très-inflammable, petille dans le feu. La houille fond bien, mais n'augmente pas du tout de volume.

La distillation lente a donné :

Bitume.	21,6
Eau ammoniacale.	4,8
Matières non condensées. . .	14,4
Coke.	59,2
	100,0

Le bitume est brun clair, très-fluide, plus léger que l'eau, tandis que dans tous les autres essais le goudron est plus dense que l'eau ammoniacale.

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES. Matières volatiles.	COKE. Charbon.	COKE. Cendres.	CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	COULEUR des CENDRES.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.
	Deuxième groupe. — *Houilles raffauds*, de *Rive-de-Gier*. Sont plus oxygénées que les houilles grasses ordinaires, et moins hydrogénées que les houilles à gaz. Sont dures et ternes. Laissent 0,64 à 0,72 de coke, déduction faite des cendres.							
72	Houille pérat de la galerie Sainte-Barbe. Concession de Villards. Couche n° 12, appartenant au système inférieur de Saint-Etienne.. .	34,8	61,0	4,2	6,5	0,365	Rouges.	Houille dure, compacte et terne, donnant un son très clair sous le choc du marteau. On reconnaît dans le coke des fragments imparfaitement fondus. Ressemble au Raffaud de Couzon.
73	Houille pérat de la mine et concession des Verchères. Couche bourrue de Rive-de-Gier.	33,3	60,0	6,7 (Jan.)	10,0	0,36	Brun foncé.	Houille schisteuse impure, moins terne et plus grasse que la précédente. Coke bien fondu. Sert en quelque sorte de passage entre les houilles à gaz et les raffauds.
74	Houille pérat de la mine et concession de Couzon. Couche bâtarde de Rive-de-Gier.	34,5	62,8	2,7	4,1	0,35	Blanches.	Houille semblable à la précédente, mais plus pure. Comme celle-ci, elle sert de passage des houilles à gaz aux raffauds. Sa pesanteur spécifique est 1,298.

Composition élémentaire. (n° 74)

Hydrogène.	5.75
Carbone.	84.89
Oxygène et azote.	9 36
	100,00

75	Houille pérat de la mine et concession de Couzon. Grande couche de Rive-de-Gier. Deux échantillons, le second essayé par M. Regnault..................	30,0 32,6	63,6 62,1	5,5 5,3	8,0 7,9	0,33 0,34	Blanches un peu jaunâtres.	Houille très-dure et terne, donnant un son clair sous le choc du marteau. C'est le type des Raffauds. Coke peu boursouflé et assez souvent imparfaitement fondu. Houille très-recherchée pour les bateaux à vapeur du Rhône. Pesanteur spécifique du second échantillon 1,311.
		Composition élémentaire. Hydrogène.......... 5,27 Carbone............ 86,30 Oxygène et azote....... 8,43 100,00						
76	Houille pérat de la mine et concession des Combes. Grande couche de Rive-de Gier (partie inférieure)................	31,5	63,5	5,0 (RABY.)	7,3	0,33	»	Cette houille ressemble entièrement à la précédente. Le gros est recherché à cause de sa dureté. Les deux mines sont contiguës.
77	Houille pérat de la mine et concession du Gourd-Marin. Grande couche de Rive-de-Gier (partie inférieure)...............	20,4	63,9	6,7 (RABY.)	9,5	0,32	»	Houille moins dure que celle de Couzon. Elle renferme déjà quelques veines d'un éclat vif, et, par suite, plus grasses.
78	Houille pérat du puits du Replat. Concession de la Catonière. Couche bâtarde de Rive-de-Gier........	32,0	64,5	3,5 (FRICH.)	4,8	0,33	»	Ressemble aux houilles nos 73 et 74. Elle est plus schisteuse, plus grasse et moins dure que celle de la grande couche de Couzon. Le kilogramme a donné 311 litres de gaz.
79	Houille pérat de la mine et concession des Combes. Grande couche de Rive-de-Gier (partie supérieure)................	30,0	65,6	4,4 (RABY.)	6,7	0,31	»	Cette houille est un peu plus tendre, plus grasse et plus éclatante que le n° 76, qui provient de la partie inférieure de la même couche.
80	Houille pérat de la mine et concession du Gourd-Marin. Grande couche de Rive-de-Gier (partie supérieure)...............	28,8	68,1	3,1 (RABY.)	4,5	0,30	»	Houille plus grasse et plus tendre que le n° 77, qui appartient à la partie inférieure de la même couche.
81	Houille pérat du puits de Grézieux. Concession du Sardon. Couche bâtarde de Rive-de-Gier....	25,1	62,5	12,4	16,5	0,29	Blanches.	Houille terne et dure. Coke mal aggluttiné. On reconnaît encore la forme des fragments. Se vend pour les feux de grille et le chauffage domestique.

NUMÉROS D'ORDRE.	ORIGINE DES HOUILLES.	COMPOSITION DES HOUILLES. Matières volatiles.	COKE. Charbon.	COKE. Cendres.	CENDRES dans 100 parties de coke.	RAPPORT entre les matières volatiles et la houille, déduction faite des cendres.	COULEUR des CENDRES.	OBSERVATIONS. — Propriétés physiques des houilles et des cokes, et leur emploi dans les arts.
82	Houille pérat du puits du Martoret. Concession du Sardon. Grande couche de Rive-de-Gier (partie inférieure)................	26,7	69,8	3,5 (Frich.)	4,8	0,28	»	Houille dure et terne striée de quelques veines plus brillantes. Donne beaucoup de gros; fort recherchée pour les feux de grille. Proportion de gaz, 311 litres. Contient 0,003 de soufre.
83	Houille pérat des Verchères-Fleur-de-Lys. Puits Jamin et de l'Espérance. Grande couche de Rive-de-Gier..............	1er *échantillon* (plus pur que la moyenne (Jan.).						La houille des Verchères est à structure discoïdale ou en écussons, comme les charbons gras impurs des environs de Saint-Etienne. Elle est d'ailleurs assez terne. Par sa composition, elle se rapproche des houilles de la troisième classe. Le second échantillon a donné 340 litres de gaz. Le coke est bien fondu.
		27,0	7 ,1	2,9	4,0	0,28	Grises.	
		2e *échantillon* (Frich.)						
		27,2	66,5	6,3	8,6	0,29	*Id.*	
84	Houille pérat de la même mine, mais de la couche bâtarde.....	26,0	67,3	6,7	9,0	0,28	Grises.	
		Cette houille ressemble à celle de la grande couche, mais elle est un peu plus chargée de cendres.						
85	Houille pérat du puits de la Doa. Concession de la Chana. Grande couche du système inférieur de Saint-Étienne, qui est ici divisée en deux parties séparées l'une de l'autre par $1^m,80$ de schiste.................	1° *Banc inférieur.*						La houille des deux bancs est striée parallèlement à la stratification. Les parties brillantes ont une cassure conchoïde; les parties ternes sont schisteuses. Le coke est argentin, compacte, peu boursouflé; on reconnaît encore un peu la forme des fragments. Le menu est très-impur.
		24,9	68,1	7,0	9,3	0,27	Blanches un peu jaunâtres.	
		2° *Banc supérieur.*						
		27,6	68,5	3,9	5,3	0,29	Grises rougeâtres.	
86	Houille pérat du puits Robinot, mine du bois Monzil. Concession de Villards. Grande couche du système inférieur de Saint-Etienne. .	26,8	68,8	4,4 (Frich.)	6,1	0,28	»	Houille tout à fait semblable à la précédente. Les deux mines sont contiguës. Proportion de gaz par kilogramme, 360 litres.

NOTE

Sur quelques-uns des produits que donnent les houilles bitumineuses, lorsqu'on les soumet à la distillation lente.

On sait depuis longtemps qu'une houille quelconque donne d'autant plus de gaz, qu'elle est portée plus brusquement à la chaleur rouge, tandis que la proportion de bitume est au contraire d'autant plus grande que la chaleur lui est appliquée d'une manière plus graduelle.

Ainsi, la houille de la grande couche des Littes n° 56 dégage jusqu'à 390 litres de gaz par kilogramme lorsqu'elle est chauffée brusquement dans une cornue de fonte déjà rougie et lorsqu'on opère sur 2 à 3 kilogrammes seulement. La proportion de bitume est alors presque nulle.

Dans les usines à gaz la même houille ne produit pas au delà de 260 à 280 litres, mais en même temps 0,04 à 0,05 de bitume ou goudron.

Enfin, en la distillant, très-lentement, dans une cornue de verre, elle m'a donné :

Bitume et goudron.. . . .	0,157
Eau ammoniacale.	0,046
Matières non condensées.	0,135
Coke.	0,662
	1,000

et un faible volume de 95 litres de gaz par kilogramme.

Comparons maintenant à ces résultats les distillations faites en grand, dans le but d'extraire de la houille, des essences volatiles destinées à l'éclairage et à la dissolution du caoutchouc. Elles ont été faites par M. Janicot, en automne 1846, dans une cornue d'essai montée par M. Rouen, qui se proposait alors de fonder une usine pour la préparation des essences en question.

L'appareil employé est une large moufle en fonte placée dans un four à grille, comme les cornues à gaz, et fermée sur le devant par une porte en fonte, lutée avec soin. La moufle ne diffère des cornues ordinaires que par une série de cloisons verticales qui la divisent longitudinalement en cinq ou six compartiments d'égale largeur, mais qui ne montent que jusqu'aux trois quarts de la hauteur de la moufle. Elles avaient pour but de répandre la chaleur, d'une manière plus uniforme

et plus rapide, au milieu de la masse à distiller. La mouffle avait 1 mètre de largeur, 2 mètres de longueur, $0^m,78$ de hauteur intérieure et les cloisons $0^m,60$. Elle pesait, avec la porte, 3.450 kilogrammes, et recevait des charges de 6 à 700 kilogrammes.

Les vapeurs distillées étaient condensées dans un serpentin à eau froide, et les gaz non condensés venaient se brûler dans la chauffe. Chaque opération durait à peu près trente-six heures, dont trois pour chargement et déchargement.

L'appareil étant déjà chauffé, au moment du chargement, mais de façon à atteindre à peine le rouge le plus sombre, les premiers produits de la distillation se montrent presque immédiatement après la fermeture de la porte. C'est de l'eau hygrométrique. Cinq ou six heures après, les huiles les plus volatiles commencent à paraître avec l'eau. En opérant sur le menu de la grande couche des Littes, cette première essence marque 24° de l'aréomètre de Cartier. A la vingt-quatrième heure seulement 12°,5. A la trente-deuxième heure, on donne un coup de feu de deux heures; et à la trente-quatrième heure on défourne le coke. La cornue est alors au rouge sombre ordinaire.

Voici les résultats obtenus avec la houille menue ordinaire de la grande Couche des Littes.

Charge.	640 kil.
Essence brute, marquant 12°,5 de l'aréomètre de Cartier, ou 0,97 de p. sp. réelle.	45 kil.
Eau ammoniacale marquant 2° au pèse-sel.	46
Goudron solide à la température ordinaire (brai).	4
Coke.	491
Gaz et pertes.	54
	640

Le coke obtenu est noir, léger, friable, brûle avec flamme blanchâtre et dégage encore à la calcination 8 à 10 p. 100 de matières gazeuses. Essayé dans une locomotive, il ne produit que la moitié de l'effet développé par un coke de première qualité.

En opérant sur 660 kilogrammes de houille menue de la petite Ricamarie (n° 53 des tableaux) et distillant trente-huit heures, on a obtenu :

Essence brute d'une p. sp. de.	1,00	47 kil.
Eau ammoniacale marquant.	2°,25	43
Goudron figé.		5
Coke.		505
Gaz et perte.		60
		660

En rapportant les chiffres précédents à 100, on trouve :

		Houille des Littes.	Houille de la petite Ricamarie.
Bitume.	Essence brute. . . .	7.02	7,12
	Goudron figé . . .	0,62	0,76
Eau ammoniacale.		7,20	6,52
Gaz et pertes.		8,44	9,10
Coke.		76,71	76,50
		100,00	100,00

Une moyenne de quatre autres expériences, faites sur la houille des Littes, a donné par 100 kilogrammes les résultats suivants :

Bitume (essence et goudron figé).	6,92	L'essence marque 12°, soit 0,97 de pesanteur spécifique.
Eau ammoniacale.	7,48	
Gaz et pertes.	9,50	
Coke.	76,10	
	100,00	

Gaz mesuré à l'aide d'un compteur. . . 97lit.,5 par kilogramme.

En redistillant l'essence brute, à une température très-ménagée, on obtient au commencement des essences très-volatiles marquant jusqu'à 35° et 40° de l'aréomètre de Cartier. Mais leur densité s'accroît à mesure que l'opération avance, et habituellement on cherche à produire en moyenne des essences à 28°. A ce degré de pureté, on peut les brûler directement dans les lampes dites astrales, et un kilogramme de ces essences alimente pendant onze heures une lampe dont la lumière équivaut à celle d'un bec de gaz entier.

Les 6k,92 d'essence brute donnent, par la redistillation :

	kil.
Essence pure ou huile légère à 28°. . .	1,25
Graisses et huiles denses.	3,61
Goudron figé (brai).	2,06
	6,92

Les graisses et huiles denses peuvent être employées pour le graissage des machines et voitures, ou pour la fabrication du noir de fumée. Le brai sert à réagglutiner la houille menue dans les fabriques de pérat aggloméré.

On a aussi essayé dans le même appareil la houille de la grande masse, du bois d'Aveize (n° 49) que nous avons cité comme type des houilles éminemment grasses. Moins oxygénée que la houille des Littes, elle donne une essence brute plus légère ; elle marque 13° au lieu de 12°.

La moyenne de deux expériences a donné :

Essence brute	7
Eau ammoniacale	6
Gaz et pertes	16
Coke	71
	100

Le gaz mesuré au compteur correspond à 87[lit.],75 par kilogramme.

M. Janicot ajoute que la condensation a été incomplète et qu'en réalité on peut estimer l'essence brute à un chiffre plus élevé. Le coke obtenu est extrêmement boursouflé, semblable à une ponce des plus légères. Il retient beaucoup moins de gaz que celui des houilles des Littes et de la Ricamarie.

Comparons ces résultats aux chiffres portés dans les tableaux qui donnent le résumé des analyses.

Les deux houilles ont donné à l'essai fait dans la cornue de verre :

	Houille des Littes.	Houille d'Aveize.
Bitume et goudron	15,7	12,2
Eau ammoniacale	4,6	1,3
Matières non condensées	13,5	17,4
Coke	66,2	69,1
	100,0	100,0

On voit immédiatement que le coke des Littes, obtenu dans l'opération faite en grand, doit retenir encore beaucoup de matières bitumineuses, puisque, au lieu de 66 p. 100, on en a obtenu 76,7 p. 100, tandis que celui du Bois d'Aveize en retient beaucoup moins, la différence entre les deux rendements n'étant que de 0,02. Ce chiffre s'accorde avec la perte plus grande, éprouvée lors de la distillation de la houille du bois d'Aveize. On voit aussi que la proportion de bitume, obtenue dans les opérations en grand, est bien loin de la quantité fournie par les essais de laboratoire. Dans le cas de la houille des Littes, c'est à peine la moitié. Cela vient en partie, au moins quant à la houille des Littes, des 10 p. 100 de matières volatiles que retient encore le coke.

La houille du bois d'Aveize renferme 3,5 p. 100 de bitume de moins que celle des Littes, et cependant, dans l'opération faite en grand, on en a obtenu autant, et on en aurait eu même davantage si la condensation avait été mieux opérée. Cette différence tient à la diversité de nature de la matière bitumineuse. La houille du bois d'Aveize est très-grasse, c'est-à-dire hydrogénée, celle des Littes, au contraire, plutôt maigre, c'est-à-dire oxygénée. Le bitume est par suite plus volatil, ou du moins la partie très-volatile est plus abondante dans la première, tandis

que la seconde contient une proportion plus forte d'huiles denses et de brai. Et comme on voulait surtout obtenir des huiles légères, on n'a pas poussé aussi loin la distillation de la houille des Littes.

Quant aux eaux ammoniacales, elles sont plus abondantes dans les opérations faites en grand, parce que les houilles menues, sur lesquelles on opère, sont toujours un peu humides, tandis que dans le laboratoire j'ai essayé des échantillons tout à fait secs. En distillant des houilles bien desséchées on aurait moitié moins d'eau, et par suite des eaux plus riches en ammoniaque.

Dans les usines à gaz, où l'on opère également sur des houilles menues humides, on obtient cependant des eaux plus riches en ammoniaque à cause de la température plus élevée des cornues à gaz : en général, plus la température est forte, et plus aussi est élevée non-seulement la proportion de gaz hydrogène carboné, mais encore celle de l'ammoniaque, du sulfure de carbone et de l'hydrosulfate d'ammoniaque. Cela explique l'odeur désagréable des essences et huiles grasses extraites par distillation du goudron des usines à gaz, tandis que celles qui proviennent de la distillation directe de la houille, à une température peu élevée, sont relativement presque inodores.

L'essence brute diffère en outre du goudron des usines à gaz par une fluidité et limpidité plus grandes. C'est un liquide vert-olive par réflexion, brun par réfraction, moins dense que le goudron. L'essence brute des Littes laisse 0,30 de son poids de brai, tandis que le goudron de gaz en donne 0,75.

Les eaux ammoniacales des Littes donneraient, après saturation, à peine 2 kilogrammes de sulfate par 100 litres et celles de la petite Ricamarie $2^k,5$; tandis que les eaux des usines à gaz marquent 3 à 4° au pèse-sel de Beaumé et donnent jusqu'à 8 ou 9 kilogrammes de sulfate par hectolitre. Cependant, dans les deux cas, le poids de l'eau est le même, c'est-à-dire de 6 à 7 kilogrammes par 100 kilogrammes de houille. Ainsi donc, en distillant la houille à la chaleur rouge, il se produit trois à quatre fois plus d'ammoniaque qu'en opérant à une température peu élevée.

Voici encore, pour terminer, quelques renseignements sur les produits des usines à gaz. A l'usine de Saint-Étienne, 1.000 kilogrammes de houille menue de la grande couche des Littes rendent :

Coke. 16 hectolitres, pesant 41 kilogrammes l'un.	656 kil.
Goudron.	40 à 50 kil.
Eau ammoniacale, marquant 2°,5 à 3° Beaumé. .	80 à 100 litres.
Gaz.	260 à 280 mètres cubes.

Le coke renferme encore 0.044 de matières volatiles et laisse 0,103 de cendres blanches.

Les eaux ammoniacales sont exceptionnellement abondantes, mais pauvres en ammoniaque, parce que la cuve reçoit des eaux d'infiltration. Dans l'usine à gaz de la fabrique de faux et dans celle de Rive-de-Gier, où ce même accident ne se produit pas, on a bien, comme je l'ai dit ci-dessus, 60 litres seulement, marquant 3,5 à 4° de Beaumé et donnant, après saturation, 8 à 9 kilogrammes de sulfate par hectolitre.

Le goudron des usines à gaz donne, par la redistillation, outre les 0,75 de brai, 0,25 d'eau ammoniacale et d'huiles plus ou moins légères. On fait cette opération en grand, à Saint-Étienne et Givors, dans les usines où l'on fabrique du pérat aggloméré.

Les huiles légères ainsi préparées marquent ordinairement 16° de Cartier, et servent à la dissolution du caoutchouc. Les huiles plus denses sont vendues comme graisses de voitures et de machines, ou bien brûlées lentement de façon à produire jusqu'à 15 p. 100 de leur poids de noir très-fin.

Quant au brai, il sert à la fabrication du pérat aggloméré. On l'ajoute au menu, à la proportion de 15 à 17,5 p. 100, selon que le charbon lui-même est plus ou moins gras.

RÉSULTATS

DE QUELQUES ANALYSES FAITES AU LABORATOIRE DE DOCIMASIE DE MARSEILLE, EN 1848 ET 1849.

Par M. DIDAY, Ingénieur des mines.

Les analyses rapportés dans ce compte rendu ont été, pour la plus grande partie, faites en 1848. Elles avaient été entreprises dans le but de déterminer la composition des roches éruptives du département du Var; et l'on se proposait de compléter ces études en analysant comparativement quelques échantillons de roches analogues provenant des Alpes. Mais ce travail ayant été interrompu, sans que l'on puisse prévoir à quelle époque il sera possible de le reprendre, on croit devoir faire connaître dès à présent les résultats qui ont été obtenus jusqu'ici.

I. *Porphyre rouge quartzifère.*

Ce porphyre est considéré comme étant la plus ancienne des roches éruptives de l'Estérel. Il est cependant, comme les mélaphyres, postérieur au terrain houiller dans lequel on n'en trouve jamais de fragments. Ses débris entrent, pour une très-forte proportion, dans la composition des grès bigarrés du département du Var : néanmoins l'époque de son apparition ne doit pas être limitée entre la période houillère et celle du trias; car souvent il coupe ou recouvre les grès appartenant à cette dernière formation.

Il est formé d'une pâte dont la couleur varie du rose

au rouge amarante, et qui renferme de très-petits cristaux de quartz hyalin et de feldspath rose. Ces dernier sont de l'orthose, ainsi que l'indique l'analyse dont les résultats suivent :

		oxygène.		
Silice.	0,664	0,3449	. . . . . .	12
Alumine.	0,185	0.0864	0,0870. . .	3
Peroxyde de fer. .	0,002	0,0006		
Chaux.	0.019	0,0053	0,0298. . .	1
Magnésie.	0,016	0,0061		
Potasse.	0,102	0,0172		
Soude.	0,005	0,0012		
	0,993			

La pâte du porphyre est facilement décolorée par l'acide muriatique : elle présente alors une composition qui ne diffère de celle des cristaux de feldspath que par une plus grande quantité de silice, dont la proportion s'élève quelquefois jusqu'à 0,85. Cet excès de silice provient sans doute de petits cristaux de quartz qui restent engagés dans la pâte; celle-ci peut donc être considérée comme formée principalement de feldspath orthose, mélangé d'une certaine quantité de quartz.

La densité de ce porphyre est de 2,628. Elle est beaucoup moindre pour les échantillons altérés; on a trouvé dans ce cas 2,494. La coloration du porphyre altéré est beaucoup moins vive, ce qui est dû sans doute à ce qu'il a perdu une partie de son oxyde de fer.

II. *Mélaphyres.*

On a donné le nom de mélaphyres ou de spilites à diverses roches de l'Estérel et des Maures, qui présentent des caractères très-variés et n'ont guère de commun que la dureté et la couleur qui est en général un brun assez foncé. Ces roches se présentent quelquefois

en masses compactes qui paraissent homogènes ; sur d'autres points, elles prennent l'aspect d'un véritable porphyre, et renferment des cristaux blancs ou roses d'albite ; souvent enfin elles contiennent des noyaux de carbonate de chaux, ou bien sont criblées de boursouflures et de cavités qui leur donnent l'apparence de scories.

Les mélaphyres sont généralement regardés comme un peu postérieurs au porphyre rouge ; cependant ils paraissent comme lui être sortis au jour pendant toute la période des grès bigarrés. L'action qu'ils ont exercée sur ce grès et sur les argiles qui en dépendent est beaucoup plus marquée. Le grès, au contact des mélaphyres, est souvent divisé en prismes ; les argiles deviennent d'un rouge vif, dures, un peu sonores ; elles paraissent avoir éprouvé un commencent de cuisson. Cette action, du reste, ne s'étend qu'à une très-petite distance.

Indépendamment des cristaux d'albite et des noyaux de chaux carbonatée, les mélaphyres de l'Estérel renferment diverses variétés de quartz. Ainsi, l'on y trouve, à Prat-Baucous, près de Fréjus, des cristaux de quartz dodécaédriques ; à Grane, aux Gondins et à Agay, diverses variétés d'agates, des veines assez épaisses de quartz jaspe rouge, et des rognons de quartz terreux.

Les mélaphyres sont ordinairement classés comme roches pyroxéniques ; mais les analyses ci-après font voir que cette opinion n'est point fondée, du moins en qui concerne les mélaphyres de l'Estérel, et que leur pâte est au contraire presque entièrement formée d'albite colorée par du péroxyde de fer ou par un silicate de protoxyde fer.

A. Mélaphyre d'Agay.

C'est un porphyre d'un brun rougeâtre contenant de petits cristaux allongés d'un blanc rosé un peu chatoyant. La pâte du porphyre est quelquefois un peu boursouflée et contient quelques noyaux de chaux carbonatée.

Les cristaux débarrassés avec soin de leur gangue ont une densité de 2,478. Ils sont composés de la manière suivante :

		oxygène.		
Silice	0,670	0,3480		12
Alumine	0,192	0,0897	0,0906	4
Peroxyde de fer	0,003	0,0009		
Chaux	0,012	0,0033	0,0323	3
Magnésie	0,018	0,0069		
Potasse	0,022	0,0037		
Soude	0,072	0.0184		
	0,989			

composition qui se rapproche assez de celle de l'albite, pour qu'on puisse les considérer comme appartenant à cette espèce.

La pâte de ce mélaphyre a une densité de 2,514. Par calcination, elle perd près de 2 1/2 p. 100 de son poids, et l'on s'est assuré que cette perte provenait de ce qu'elle contient une petite quantité d'eau. Elle est assez facilement décolorée par l'acide muriatique de force moyenne, qui enlève la plus grande partie de l'oxyde de fer qu'elle renferme. Le résidu, qui est d'un blanc un peu rose, présente à peu près la même composition que les cristaux; il y a seulement un petit excès de silice.

Cette pâte peut donc être considérée comme de l'albite mêlée d'un peu de quartz, et colorée par un mélange mécanique de peroxyde de fer hydraté, ainsi que le fait voir l'analyse ci-après :

Eau.	0,024			
Peroxyde de fer.	0,172	(soluble dans l'acide muriatique.)		
		oxygène.		
Silice.	0,583	0,2801	un peu plus de	12
Alumine.	0,130	0,0607	0,0628.	3
Peroxyde de fer.	0,007	0,0021		
Protoxyde de manganèse.	0,006	0,0013	0,0202.	1
Chaux.	0,012	0,0033		
Magnésie.	0,008	0,0031		
Potasse.	0,015	0,0025		
Soude.	0,039	0.0100		
	0,996			

B. Autre mélaphyre d'Agay.

C'est une roche qui se trouve avec le porphyre précédent, mais qui est plus compacte, et ne renferme pas de cristaux. Sa densité est de 2,692.

Elle est aussi décolorée par l'acide muriatique; mais cet acide, lorsqu'il est très-concentré, attaque aussi un peu la roche. Il serait donc possible que l'échantillon analysé eût éprouvé un commencement d'altération; et l'on pourrait admettre que c'est pour ce motif que la proportion de silice y est un peu moins forte que dans l'albite.

Quoi qu'il en soit, l'analyse dont les résultats suivent montre que l'on peut encore considérer ce mélaphyre comme formé d'albite colorée par l'oxyde de fer.

Eau.	0,014			
Peroxyde de fer	0.098	(soluble dans l'acide muriatique.)		
		oxygène.		
Silice.	0,596	0,3096	à peu près.	12
Alumine.	0,170	0,0794	0,0806.	3
Protoxyde de fer.	0,004	0,0012		
Peroxyde de manganèse.	0,008	0,0018	0,0276.	1
Chaux.	0,016	0,0045		
Magnésie.	0,011	0,0042		
Potasse.	0,012	0,0020		
Soude.	0,059	0,0151		
	0,998			

C. Mélaphyre de Fréjus.

Il est assez semblable à celui d'Agay; on y distingue cependant quelques parties d'un vert olive, et quelquefois de petits grains qui paraissent être quartzeux. Il est en outre souvent caverneux et renferme des noyaux de chaux carbonatée lamellaire, qui, d'après un essai particulier, ne contient pas de carbonate de magnésie.

La densité d'un fragment presque entièrement débarrassé de calcaire a été trouvée de 2,708.

Ce porphyre, qui renferme, comme celui d'Agay de petits cristaux d'albite rose, est également décoloré par l'acide muriatique de force moyenne. L'analyse d'un échantillon mêlé de calcaire a donné les résultats suivants :

Eau.	0,015	
Carbonate de chaux.	0,137	
Peroxyde de fer. . .	0,175	(soluble dans l'acide muriatique).
Silice.	0,470	
Alumine.	0,090	
Peroxyde de fer. . .	0,005	
Chaux.	0,012	
Magnésie.	0,044	
Potasse.	0,008	
Soude.	0,035	
	0,991	

Cette composition ne correspond à aucune formule connue; elle permet cependant de penser que ce mélaphyre est, comme les précédents, principalement formé d'albite. Or si l'on cherche à reconstituer l'albite, en supposant que sa composition soit la même que celle des cristaux d'Agay, et calculant ses divers éléments, dans cette hypothèse, d'après la proportion des alcalis; si l'on suppose en outre que le surplus de la chaux et de la magnésie soient à l'état de pyroxène, et que l'excès de silice représente du quartz, on trouvera que la com-

position de cette roche peut être représentée de la manière suivante :

Eau	0,015					
Carbonate de chaux	0,137					
Peroxyde de fer	0,175					
Quartz	0,073					
				oxygène.		
Pyroxène	0,107	Silice	0,062	0,0322	.....	2
		Peroxyde de fer	0,002	0,0006	0,0163	1
		Chaux	0,007	0,0019		
		Magnésie	0,036	0,0138		
Albite	0,484	Silice	0,335	0,1740	...	12
		Alumine	0,090	0,0426	0,042	3
		Peroxyde de fer	0,003	0,0009		
	0,991	Chaux	0,005	0,0014	0,0146	1
		Magnésie	0,008	0,0030		
		Potasse	0,008	0,0013		
		Soude	0,035	0,0089		

Le pyroxène, d'après sa couleur, pourrait être de la lherzolite, mais la forte proportion de magnésie qu'il renferme le rapprocherait plutôt de certains asbestes, ou peut-être du diallage, dont quelques variétés ont la couleur vert olive.

On pourrait aussi admettre qu'au lieu de pyroxène, ce mélaphyre contient de l'amphibole, et cette hypothèse paraîtra même plus probable lorsqu'on aura vu les analyses suivantes. On arriverait alors à la composition ci-après :

Eau	0,015
Carbonate de chaux	0,137
Peroxyde de fer	0,173
Quartz	0,065
Amphibole	0,115
Albite	0,484
	0,991

Dans tous les cas, on voit qu'en faisant abstraction

du carbonate de chaux et de l'oxyde de fer, qui peuvent être régardés comme accidentels, l'albite forme 70 p. 100 de cette roche.

D. **Mélaphyre de la Garde.**

Ce mélaphyre forme, dans la plaine des environs de Toulon, une butte conique assez élevée, sur laquelle est bâti le village de la Garde. La plaine qui l'entoure appartient à la formation des grès bigarrés, et la stratification de ces grès n'est aucunement dérangée dans le voisinage du mélaphyre.

Cette roche, à laquelle on a quelquefois donné le nom de diorite, est verdâtre, très-dure, et surtout excessivement compacte et difficile à briser. On y distingue quelques petites aiguilles d'amphibole, et l'on y trouve, quoique rarement, des noyaux de quartz vitreux. Sa densité est de 2,757.

L'acide muriatique concentré l'attaque en partie et la décolore complétement. Le fer est dissous à l'état de protoxyde. En traitant le résidu par une dissolution de potasse pour enlever la silice rendue libre, on trouve que la partie attaquée, dont la proportion a été constante dans plusieurs essais, présente la composition d'un péridot très-riche en oxyde de fer.

Quant au résidu insoluble dans l'acide, sa composition se rapproche beaucoup de celle de l'albite : la proportion d'alumine y est seulement un peu faible. Mais comme, ainsi qu'on l'a dit plus haut, on distingue dans la roche des aiguilles d'amphibole, on peut représenter cette partie par un mélange d'albite, d'amphibole et quartz, dont l'albite formerait environ les 91/100.

La composition du mélaphyre de la Garde pourrait alors s'exprimer de la manière suivante :

				oxygène.		
Eau.	0,039					
Péridot. . .	0,308	Silice.	0,118	0,0610	. . .	1
		Alumine.	0,064	0,0299		
		Protoxyde de fer.	0,082	0,0186		
		Chaux.	0,036	0,0101	0,0617	1
		Magnésie.	0,008	0,0031		
Albite. . . .	0,587	Silice.	0,404	0,2098	. . . .	12
		Alumine.	0,112	0,0523	. . . .	3
		Chaux.	0,017	0,0047		
		Potasse.	0,012	0,0020	0,0174	1
		Soude.	0,042	0,0107		
Amphibole.	0,046	Silice.	0,027	0,0139	. . . .	9
		Chaux.	0,011	0,0031	0,0062	4
		Magnésie.	0,008	0,0031		
Quartz. . .	0,015					
	0,995					

Et cette roche pourra être considérée comme formée d'une pâte d'albite colorée par du péridot et mélangée de petits cristaux d'amphibole et de grains de quartz.

E. Mélaphyre des Adrets.

Le mélaphyre des Adrets diffère assez notablement, par ses caractères minéralogiques et sa composition, de ceux dont on vient de donner l'analyse.

C'est une roche d'un vert bouteille foncé, dure et très-compacte ; elle paraît formée de petites lames cristallines entrelacées ; on y distingue parfaitement des lamelles allongées ou des aiguilles d'amphibole.

Sa densité est de 2,890.

Par la calcination, elle se ramollit, se fritte et prend une couleur noirâtre. L'acide hydrochlorique concentré l'attaque et en dissout près de la moitié, mais il ne la décolore pas complétement. Le résidu se fritte encore un peu lorsqu'on la chauffe.

La partie attaquée par l'acide hydrochlorique présente, comme pour le mélaphyre de la Garde, une composition qui se rapproche beaucoup de celle du péridot.

Le fer est aussi dissous à l'état de protoxyde, et l'on a supposé qu'il était au même état dans le résidu non attaqué. La dissolution ne renferme d'ailleurs pas de trace d'alcali.

Quant au résidu insoluble, il peut également être représenté par un mélange d'albite et d'amphibole : mais cette dernière substance s'y trouve en proportion beaucoup plus considérable que dans la roche de la Garde. C'est du reste ce que l'on pouvait prévoir d'après les caractères minéralogiques du mélaphyre des Adrets, et d'après l'action que la chaleur exerce sur lui. Sa composition peut par conséquent être représentée ainsi qu'il suit :

				oxygène.		
Eau	0,016					
Péridot	0,445	Silice	0,172	0,0893		1
		Alumine	0,068	0,0317	0,0868	1
		Protoxyde de fer	0,122	0,0278		
		Chaux	0,045	0,0126		
		Magnésie	0,038	0,0147		
Albite	0,248	Silice	0,171	0,0888		12
		Alumine	0,048	0,0224		3
		Soude	0,029	0,0074		1
Amphibole	0,283	Silice	0,165	0,0857		9
		Alumine	0,038	0,0177	0,0382	4
		Protoxyde de fer	0,036	0,0082		
	0,992	Chaux	0,044	0,0123		

Ce mélaphyre forme un mamelon isolé près du hameau des Adrets, sur la route de Fréjus à Cannes : il est souvent désigné dans les collections sous les noms d'amphibolite ou de diorite.

On trouve une roche semblable à la Colle-Noire de Carquairane, entre Toulon et Hyères.

Les mélaphyres de la Garde et des Adrets n'ont d'ailleurs, comme on le voit, qu'un gisement très-restreint, et ils ne doivent pas être considérés comme appartenant à la même classe que les roches porphyroïdes

et amygdaloïdes que l'on trouve si abondamment dans l'Estérel, et, sur le littoral des Maures, à Saint-Vincent-de-Carquairane. Ces dernières, que l'on a désignées sous les noms de mélaphyres, de spilites, de trapps, etc., et auxquelles on supposait une grande variété de composition, tout en les regardant comme essentiellement pyroxéniques, sont au contraire, d'après les analyses qui précèdent, des roches albitiques, dont la composition est très-simple et à peu près constante. L'amphibole et le pyroxène, qui s'y trouvent quelquefois en proportions peu considérables, doivent probablement être regardés comme minéraux accidentels, de même que le quartz et le carbonate de chaux; et la pâte de la roche est uniquement formée d'albite colorée par l'oxyde de fer.

Les amphibolites ou diorites, tels que ceux de la Garde, des Adrets et de la Colle-Noire, forment une autre classe de roches éruptives bien distincte des mélaphyres proprement dits, avec lesquels on les a souvent confondus à tort. Ils sont d'origine plus récente et présentent une composition toute différente : ce sont des roches qui contiennent, comme éléments essentiels, de l'albite, du péridot et de l'amphibole, ou au moins les deux premiers de ces minéraux.

Ces amphibolites ne forment que quelques petits mamelons au milieu des grès bigarrés, qui ne paraissent avoir éprouvé au contact ni altération ni dérangement. Les mélaphyres albitiques au contraire occupent des surfaces considérables; et l'on trouve, sur beaucoup de points, des preuves de l'action qu'ils ont exercée sur les terrains stratifiés.

F. Spilite d'Aspre-les-Corps.

Il serait sans doute intéressant de comparer, sous le

rapport de la composition, les mélaphyres du Var aux roches des Alpes que l'on a désignées aussi sous les noms de mélaphyres ou de spilites. Ce travail avait été commencé au laboratoire de Marseille; mais il n'a pu être continué, et l'on se bornera à consigner ici une des analyses faites dans ce but, celle d'un spilite d'Aspres-les-Corps (Hautes-Alpes).

C'est une roche d'un gris violet, paraissant assez compacte, mais peu dure, et se désagrégeant assez facilement. Elle est remplie de petites veines de chaux carbonatée spathique. Sa densité est de 2,727.

L'acide muriatique la décolore, et dissout tout l'oxyde de fer qu'elle renferme.

Elle est composée de la manière suivante :

Eau	0,021		
Carbonate de chaux	0,576		
Peroxyde de fer	0,077	(soluble dans l'acide muriatique.)	
		oxygène.	
Silice	0,223	0,1140	
Alumine	0,063	0,0294	
Chaux	0,005	0,0014	
Magnésie	0,009	0,0035	0,0090
Soude	0,016	0,0041	
	0,990		

La composition de la partie insoluble dans les acides se rapproche beaucoup de celle de l'albite : il y a seulement un petit excès d'alumine. Or, on sait, d'après les recherches de M. Ebelmen, qu'en général, dans les silicates en décomposition, la proportion d'alumine augmente. On pourrait donc supposer que ce résidu est de l'albite ayant éprouvé un commencement de décomposition, hypothèse qui s'accorderait assez bien avec l'aspect de la roche.

M. Gras, ingénieur en chef des mines, qui a envoyé cet échantillon de spilite au laboratoire de Marseille, y avait

joint un fragment de calcaire pris au contact du spilite, et que l'on considère comme altéré.

C'est une roche d'un rose très-clair, offrant l'aspect d'un calcaire très-argileux, et contenant quelques veines spathiques blanches.

L'analyse de ce calcaire a donné les résultats ci-après :

Eau	0,009		
Carbonate de chaux	0,482		
Peroxyde de fer	0,058	(soluble dans l'acide muriatique.)	
		oxygène.	
Silice	0,328	0,1704	
Alumine	0,080	0,0373	
Magnésie	0,024	0,0093	0,0124
Soude	0,012	0,0031	
	0,993		

C'est à très-peu près la même composition que celle du spilite : ce dernier contient même un peu plus de carbonate de chaux.

Quant à la partie du calcaire altéré qui n'est pas attaquée par les acides, sa composition ne diffère de celle de l'albite que par un excès de silice. On pourrait donc la regarder comme un mélange de quartz et d'albite.

Cette analyse conduirait à supposer que l'échantillon analysé n'a pas été *altéré* dans la véritable acception du mot, mais plutôt *imprégné* de spilite. Ce calcaire appartiendrait à cette classe de roches que M. Virlet a désignées sous le nom de roches d'*imbibition*.

III. *Porphyre bleu.*

Le porphyre bleu que l'on trouve aux Caux et à Boulouris près de Fréjus, et qui a été exploité par les Romains dans la première de ces localités, paraît être plus récent que le porphyre rouge et que les mélaphyres proprement dits. Il est même postérieur à la formation

des grès bigarrés, qu'il traverse sur plusieurs points, et qui n'en contiennent jamais de fragments.

C'est une roche extrêmement dure, d'un gris bleuâtre plus ou moins vif, renfermant de petites aiguilles d'amphibole noir et des cristaux d'albite blanche, qui ont jusqu'à 2 ou 3 centimètres de longueur. La pâte, examinée à la loupe, paraît uniquement formée de cristaux analogues de plus petites dimensions; on y distingue aussi, indépendamment de l'amphibole, quelques grains de quartz cristallin.

La densité de ce porphyre est de 2,610.

Les cristaux d'albite sont en général des prismes hexagonaux très-aplatis, avec une face très-large, terminés par un biseau formé de la base et d'une face en retour, d'un blanc grisâtre ou un peu laiteux, quelquefois chatoyants. Le clivage parallèle à la base est seul bien indiqué. Ces cristaux sont souvent mâclés.

Leur densité est de 2,615.

Les faces de ces cristaux sont le plus souvent couvertes de très-petits grains de quartz qui y sont implantés et y adhèrent fortement. Des grains semblables se trouvent aussi quelquefois intercalés entre les lames de clivage. C'est là une cause d'erreur assez difficile à éviter dans les analyses; quelques cristaux ont donné jusqu'à 75 p. 100 de silice, et l'on a beaucoup de peine à se procurer des fragments assez bien débarrassés de quartz pour que l'on puisse en considérer la composition comme étant véritablement celle de l'espèce minérale à laquelle ces cristaux appartiennent.

La moyenne de trois analyses faites sur des morceaux choisis avec le plus grand soin a donné les résultats ci-après :

		oxygène.		
Silice	0,696	0,3615		12
Alumine	0,193	0,0901		3
Chaux	0,057	0,0160	0,0298	1
Magnésie	0,005	0,0019		
Potasse	0,006	0,0010		
Soude	0,041	0,0109		
	0,998			

C'est une composition qui peut être représentée par la même formule que l'albite ; il y a seulement une proportion de chaux plus considérable qu'elle ne l'est ordinairement dans ce minéral, et une diminution correspondante dans la proportion de soude, qui est ainsi en partie remplacée par la chaux.

Cependant tous les cristaux que l'on peut détacher de ce porphyre n'ont pas la même composition : il en est quelques-uns dans lesquels la proportion de silice est notablement moindre, et qui ont donné à l'analyse :

		oxygène.		
Silice	0,635	0,3298		9
Alumine	0,231	0,1079		3
Chaux	0,068	0,0191	0,0353	1
Magnésie	0,009	0,0035		
Potasse	0,006	0,0010		
Soude	0,046	0,0117		
	0,995			

Ce serait la composition de l'oligoclase, en admettant, comme pour l'albite, qu'une partie de la soude est remplacée par de la chaux.

Tous ces cristaux étant le plus souvent mal terminés, et n'ayant qu'un seul clivage bien net, il est très-difficile de distinguer ceux qui appartiennent à l'une ou à l'autre de ces deux espèces. Les cristaux d'oligoclase paraissent cependant en général être un peu plus minces et plus allongés : mais ce n'est pas là un ca-

ractère assez précis pour établir cette distinction avec quelque certitude.

Indépendamment de l'excès de chaux qui se trouve dans ces deux silicates, la pâte du porphyre paraît en contenir encore une certaine quantité à l'état de carbonate, car elle fait quelquefois une légère effervescence avec les acides.

Les aiguilles d'amphibole que renferme cette pâte sont trop petites et trop friables pour qu'il ait été possible d'en séparer des fragments que l'on pût soumettre à l'analyse.

IV. *Trachyte.*

La formation trachytique occupe une étendue assez considérable vers la partie orientale du département du Var. Elle se compose principalement de conglomérats et de tufs, au milieu desquels on voit cependant quelques dikes de trachyte et de phonolite.

On a analysé un échantillon provenant d'un petit filon de trachyte qui se trouve entre la ville d'Antibes et le fort de Notre-Dame-de-la-Garde. C'est une roche assez homogène, formée de petits grains irréguliers, les uns d'un blanc laiteux, les autres vert foncé ou ou noirs. Elle contient en outre assez fréquemment des rognons d'opale.

Sa densité est de 2,556.

Les grains blancs paraissent être uniquement de la silice gélatineuse qui se dissout assez facilement dans la potasse. La roche est d'ailleurs, comme les mélaphyres, complétement décolorée par l'acide muriatique faible, qui dissout du peroxyde de fer. Mais si, après avoir enlevé la silice gélatineuse, on la traite par l'acide muriatique concentré, on l'attaque en grande partie, et l'on obtient un résidu blanc, qui lorsqu'on l'a dé-

barrassé, par la potasse, d'une nouvelle quantité de silice rendue libre, ne présente plus que la moitié environ du poids de la matière soumise à l'analyse. La partie dissoute, abstraction faite de l'oxyde de fer qui la colore, présente à très-peu près la composition du labrador. Quant au résidu insoluble, il est plus riche en silice; et l'analyse complète du trachyte donne les résultats suivants :

				oxygène.		
Eau.	0,035					
Peroxyde de fer. .	0,050					
Silice gélatineuse.	0,149					
Labrador.	0,266	Silice. . .	0,144	0,0740	. . .	6
		Alumine.	0,079	0,0369	. . . .	3
		Chaux. . .	0,021	0,0059	0,0130	1
		Magnésie.	0,012	0,0046		
		Soude. . .	0,010	0,0025		
Résidu insoluble. .	0,494	Silice. . .	0,304	0,1579	. . . .	9
		Alumine.	0,094	0,0439	0,0703	4
		Chaux. . .	0,062	0,0174		
	0,997	Magnésie.	0,003	0,0011		
		Soude. . .	0,031	0,0079		

La composition du résidu insoluble ne paraît se rapporter à celle d'aucune espèce minérale bien connue : elle ne peut être représentée que par la formule B^4Si^9. C'est bien la formule générale de l'amphibole; mais la proportion d'alumine et de soude que renferme ce résidu ne permet guère de supposer que ce soit réellement de l'amphibole.

Si l'on remarque que la formule générale B^4Si^9 appartient aussi à l'oligoclase, on pourra représenter ce résidu par un mélange d'oligoclase et d'amphibole. Mais on ne pourra calculer les proportions de ces deux minéraux, car il est facile de voir que le problème ainsi posé sera indéterminé. Pour l'amener à n'avoir qu'une solution, il faudra faire une autre supposition, admettre,

par exemple, que dans l'amphibole ce sera l'oxygène de la chaux qui sera triple de celui des autres bases, la chaux étant ici la base dominante. Dans cette hypothèse, la composition de ce résidu sera celle indiquée ci-après :

				oxygène.		
Oligoclase	0,362	Silice	0,228	0,1184		9
		Alumine	0,088	0,0397		3
		Chaux	0,015	0,0042		
		Magnésie	0,003	0,0011	0,0132	1
		Soude	0,031	0,0079		
Amphibole	0,132	Silice	0,076	0,0395		9
		Chaux	0,047	0,0132		3
	0.494	Alumine	0,009	0,0042		1

Le pyroxène contenant moins de silice que l'amphibole, il semble que l'on pourrait aussi représenter la composition de ce résidu par un mélange d'albite et de pyroxène. Mais si l'on fait les calculs d'après cette supposition, on reconnaîtra qu'il est impossible de faire entrer la totalité de la soude dans l'albite, et que le pyroxène devrait en renfermer près de la moitié. L'autre hypothèse est donc plus probable, et ce trachyte peut par conséquent être considéré comme ayant la composition suivante :

Eau	0,035
Peroxyde de fer	0,053
Opale	0,149
Labrador	0,266
Oligoclase	0,362
Amphibole	0,132
	0,997

RAPPORT

sur

L'EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ COMME MOYEN DE METTRE LE FEU AUX COUPS DE MINES.

Par M. CASTEL, ingénieur des mines.

Dans le courant de l'année 1851, la compagnie des fonderies et forges de la Loire et de l'Ardèche, continuant les recherches entreprises par elle pour retrouver au sud de la rivière d'Ouvèze, le gîte de minerai de fer déjà connu et exploité au nord de cette rivière, dans la concession de Veyras, et qui l'avaient conduite en 1850 à la découverte du minerai dans un de ses puits, faisait approfondir un autre puits, dit puits n° 6, situé près du confluent de l'Ouvèze et de la Vaumale, où, selon toutes les probabilités, la couche devait se rencontrer à 70 mètres environ de profondeur. Les 30 premiers mètres avaient été creusés sans trop de peine et sans que l'abondance de l'eau gênât beaucoup les ouvriers; mais à une profondeur un peu plus considérable, elle arriva en si grande quantité, qu'on fut obligé, pour continuer le fonçage, d'installer à l'orifice du puits une machine à vapeur d'épuisement, et dans le puits successivement une, deux et trois colonnes de pompes. Circonstances dans lesquelles la méthode s'est produite.

Lorsqu'on fut arrivé à la profondeur de 45 à 50 mètres, l'affluence des eaux fut telle que les travaux furent presque arrêtés. On parvint cependant à boucher une portion des nombreuses sources qui amenaient l'inondation, et l'on put continuer le fonçage, mais il avançait avec beaucoup de lenteur, une pluie continuelle

incommodant les ouvriers et rendant d'ailleurs difficile l'allumage des coups de mine.

Il est nécessaire de dire ici que l'on ne pouvait introduire dans les travaux l'usage des mèches de sûreté, à cause du défaut d'aérage et de la répugnance que les ouvriers avaient à s'en servir. Aussi était-on obligé de mettre le feu quatre on cinq fois au même coup de mine, l'eau ayant atteint la mèche soufrée ou l'amadou employés à cet usage. C'était une perte de temps assez considérable, des craintes continuelles de la part des mineurs restés au bord du puits au moment où leurs camarades redescendaient pour rallumer un coup de mine qui avait déjà manqué; c'était enfin une cause réelle de danger; car la traînée de poudre pouvait se mouiller un peu, garder le feu pendant quelque temps, et le communiquer subitement à la charge, au moment où les ouvriers descendaient pour poser une nouvelle mèche; et l'épinglette, en frottant contre les roches siliceuses, pouvait aussi amener le même accident.

Ce fut alors que M. Dumas, ingénieur de la compagnie et chargé de diriger les travaux du puits de recherches, pensa à employer l'électricité pour mettre le feu aux coups de mine. Il fit dans ce but venir de Paris plusieurs éléments de Bunsen; nous fîmes ensemble quelques essais, et nous arrivâmes enfin à la méthode que je vais exposer en détail, et qui a été, depuis le 20 septembre 1851, employée avec succès.

Exposé de la méthode. — Porte-feu.

Le principe de ce procédé consiste à plonger dans la poudre les deux extrémités des conducteurs, reliées par un fil de fer très-fin. Sous l'influence d'un courant qui n'a pas besoin d'être très-fort, ce fil s'échauffe, rougit, fond même, et communique le feu à la poudre.

Pour que les conducteurs soient parfaitement séparés

l'un de l'autre dans le trou de mine, et pour que le bourrage s'exécute aisément, on fixe ces deux conducteurs aux deux petits côtés d'une baguette rectangulaire en bois, large de 0m,01 environ, de 0m,005 d'épaisseur et de 0m,80 de longueur; on a soin de creuser sur les deux faces de 0m,005 de petites gorges dans lesquelles se logent les fils conducteurs.

Les extrémités de ceux-ci sont tordues sur elles-mêmes de façon à ce qu'il s'y forme une sorte d'œil, et on s'arrange de manière à ce qu'elles dépassent de 0m,01 environ l'extrémité de la baguette; on les fixe enfin sur celle-ci au moyen d'un bout de ficelle. Le petit fil de fer est passé dans les œils qui terminent les conducteurs; pour lui donner plus de force, on a toujours soin de le doubler.

Ce fil doit remplir plusieurs conditions : être assez fort pour ne pas risquer de se rompre quand on le plonge dans la poudre; être assez fin et assez médiocre conducteur pour s'échauffer sans demander une trop grande quantité de calorique, et pour présenter au courant la résistance brusque qui détermine l'échauffement. Nous n'avons pas encore pu essayer l'usage du fil de platine; mais sous ces trois rapports, le fil de fer fin de bijoutier me paraît réunir toutes les conditions désirables, et devoir être préféré à tout autre.

Quant aux fils conducteurs qui plongent dans le trou de mine, on s'est servi jusqu'à présent de fils de cuivre rouge de 3/4 de millimètre de diamètre; il est vrai qu'on produit le même effet avec du fil de fer d'un millimètre, bien que la conductibilité du fer soit beaucoup moindre que celle du cuivre, la résistance offerte au courant par cette portion du circuit étant faible relativement à la résistance totale.

Le petit appareil dont je viens de parler est plongé Charge.

dans le trou de mine, lorsqu'on y a versé les deux tiers de la poudre ; on en fait reposer l'extrémité sur celle-ci, et l'on verse par-dessus le reste de la charge; puis on bourre avec soin. Une précaution indispensable, mais facile, quand on plonge le porte-feu dans le trou, est d'empêcher que le fil de fer ne se mouille, ou n'entraîne un peu de terre; dans le premier cas, le coup serait retardé, dans le second le feu ne prendrait pas à la poudre; c'est en effet ce qui est arrivé quelquefois dans les premiers jours, soit par l'inexpérience, soit par la mauvaise volonté des ouvriers; mais lorsque le maître mineur eut fait plusieurs fois l'opération devant eux, et qu'ils en eurent constaté le succès et l'utilité, ils se mirent promptement au fait, et l'on peut dire que depuis longtemps aucun coup de mine n'a manqué, avec l'emploi de cette méthode.

Générateurs de l'électricité. L'élément de pile employé jusqu'à présent dans les travaux de la compagnie a été l'élément dit de Bunsen, c'est-à-dire acide sulfurique étendu et zinc, acide nitrique et charbon. Tous les éléments ont été achetés chez Deleuil à Paris, et sont semblables au grand modèle de ce fabricant. Ils ont donc les dimensions suivantes :

Pour le pot de faïence qui contient le tout :

Diamètre intérieur.	$0^m,105$
Hauteur extérieure.	$0^m,21$

Pour le cylindre de zinc :

Hauteur.	$0^m,21$
Épaisseur.	$0^m,0045$
Diamètre extérieur.	$0^m,083$

Ce cylindre est ouvert longitudinalement sur une largeur d'un centimètre.

Pour le pot de porceleine dégourdie et poreuse :

Hauteur intérieure.	$0^m,06$
Diamètre intérieur.	$0^m,19$
Épaisseur.	$0^m,003$

Pour le cylindre de charbon :

Hauteur.	$0^m,24$
Diamètre.	$0^m,042$

Ce cylindre est percé dans toute sa longueur ; l'ouverture supérieure est taillée de manière à recevoir un bouchon de cuivre qui forme l'extrémité du conducteur.

D'un autre côté, au cylindre de zinc est soudée une lame de cuivre qui forme l'extrémité du conducteur. Lorsque l'élément fait partie d'une série, la lame soudée au zinc porte à son extrémité le bouchon de cuivre qui doit être fixé dans le charbon de l'élement voisin.

Voici les conditions, bien connues du reste, dans lesquelles cet élément donne les meilleurs résultats pour l'énergie et l'économie :

1° L'acide sulfurique étendu est formé d'une partie d'acide du commerce mélangée avec dix parties d'eau.

2° L'acide nitrique est celui du commerce sans addition d'eau.

3° Le zinc doit être amalgamé.

J'ajouterai ici que l'on ne doit pas remplir entièrement le pot extérieur d'acide sulfurique étendu ; la hauteur du zinc immergé est généralement de $0^m,17$; en sorte que la surface intérieure du zinc plongée dans l'acide, c'est-à-dire la surface utile, est de $0^{mq},04$; l'élément de Bunsen, ainsi constitué, est connu pour produire une grande quantité d'électricité.

Pour obtenir un élément moins coûteux à entretenir, j'ai fait quelques essais comparatifs entre la pile de

Bunsen et quelques modifications de la pile de Wollaston. A surface égale du zinc, l'élément de Wollaston, ordinaire, donnait une intensité de courant de trois à quatre fois moindre que l'élément de Bunsen : et de toutes les modifications de cet élément, celle qui donnait le courant le plus énergique, était composée d'un élément cuivre et zinc chargé avec un mélange d'une partie d'acide sulfurique, de six parties d'eau et d'une partie d'acide nitrique; or, elle produisait une intensité à peu près moitié de celle que donnait l'élément de Bunsen dans les essais en petit. Le même essai fait en grand nous donnait une intensité encore moindre; ainsi un élément de Wollaston en hélice présentant $2^{m^2},25$ de surface de zinc utile, et chargé avec un mélange d'une partie d'acide sulfurique, sept d'eau et une demi-partie d'acide nitrique, sans autre circuit extérieur que les deux conducteurs liés au porte-feu, ne faisait qu'échauffer faiblement le petit fil de fer, sans le faire rougir : tandis qu'un seul élément de Bunsen, à zinc bien amalgamé et chargé avec des acides neufs, produisait la combustion de ce fil de fer.

Cet élément est donc, jusqu'à présent, celui qui doit être préféré; c'est celui dont on se sert dans les travaux de la compagnie.

Manœuvre de la pile. Nous venons de dire qu'un seul élément de Bunsen, sans autre circuit extérieur que les fils du porte-feu, pouvait faire rougir le petit fil du fer; mais il est clair que le générateur de l'électricité doit toujours se trouver placé à une assez grande distance du trou de mine : dans le cas actuel, il est situé à l'orifice du puits; dans les travaux en galeries, il se trouverait placé près de la recette du puits ou dans tout autre endroit qui serait la place habituelle d'un chef mineur, car on ne saurait

trop recommander de ne confier la pile qu'à un ouvrier intelligent. Ainsi la pile est toujours jointe au porte-feu par une longueur assez considérable de fils conducteurs, et cette circonstance nécessite la formation d'une batterie.

La manœuvre de cette batterie est une opération importante qui doit influer beaucoup sur le prix de revient de ce procédé. Je vais la décrire telle qu'on l'exécute au puits n° 6 pour dix éléments de pile.

Cette manœuvre se fait dans un petit bâtiment en planches situé tout près de l'orifice du puits et dans l'intérieur duquel arrivent les deux conducteurs qui portent le courant au fond. L'un de ces conducteurs est fixé au zinc extrême, l'autre à la lame qui porte le bouchon de cuivre destiné à être posé dans le charbon du dernier élément pour fermer le circuit.

Dans ce petit bâtiment sont réunis les cylindres de zinc de rechange, le mercure destiné à l'amalgame, les bouteilles d'acide nitrique, et enfin les grandes bouteilles en verre contenant l'acide sulfurique étendu, tel qu'il doit être employé.

La batterie est renfermée dans une grande caisse en bois, partagée en compartiments dont chacun contient un élément de pile. Cette caisse s'ouvre à charnière, et reste toujours fermée à clef dans les intervalles des manœuvres.

Pendant que les ouvriers préparent et bourrent le coup de mine, le maître mineur ou l'ouvrier chargé de la manœuvre ouvre la caisse. A ce moment, les pots sont placés dans leurs compartiments respectifs, contenant l'acide sulfurique étendu, le vase poreux, l'acide nitrique et le charbon. Dès que le signal a été donné d'enlever dans la benne les ouvriers qui viennent de terminer le bourrage, on commence à placer les cylin-

dres de zinc dans l'acide sulfurique, et on relie les éléments entre eux, en mettant le bouchon de cuivre fixé au zinc d'un élément dans le charbon de l'élément précédent. Enfin, dès que les ouvriers sont arrivés à une hauteur suffisante dans le puits pour n'avoir rien à craindre de l'explosion, ils donnent le signal; aussitôt on ferme le circuit et le coup part presque instantanément.

L'explosion entendue, on rompt aussitôt le circuit, et l'on enlève aussi vite que possible les cylindres de zinc, on les laisse égoutter deux ou trois minutes sur le bord du pot où ils peuvent prendre une position d'équilibre inclinée, puis on les enlève tout à fait, on les place dans un autre compartiment de la caisse, et l'on ferme celle-ci.

J'insiste à dessein sur la fermeture de la caisse; il est essentiel de mettre la batterie à l'abri des mains inexpérimentées; il est également important, même dans le cas où l'on devrait tirer plusieurs coups de mine de suite, de défaire la batterie à chaque fois, de peur qu'une imprudence ou un oubli ne vienne causer de graves accidents.

Du reste le maître mineur et le mécanicien employés au puits n° 6 se sont mis très-vite au courant de l'opération : je vais citer quelques observations faites par eux et qui sont très-utiles dans la pratique.

Quand le zinc, encore bien amalgamé, vient à se recouvrir d'une couche noire, l'acide doit être changé.

Quand le zinc, plongé dans un acide encore peu altéré, se recouvre de la même couche noire en dégageant beaucoup d'hydrogène, ce zinc a besoin d'être amalgamé.

L'acide nitrique est changé à d'assez longs intervalles; on se contente de remplacer de temps en temps la

quantité de cet acide qui a pu être enlevée par l'évaporation.

L'amalgamation du zinc peut se faire de plusieurs manières; jusqu'à présent on l'a faite soit en décapant le zinc avec de l'acide sulfurique très-étendu, soit en frottant sa surface avec du sable fin, puis étendant le mercure sur la surface métallique avec une brosse ou un tampon de linge.

Elle doit se faire prochainement d'une manière plus simple, qui consiste à tenir dans un pot de faïence du mercure en assez grande quantité pour que le cylindre de zinc y soit entièrement plongé, moins la partie supérieure jusqu'à la lame de cuivre. On n'a donc qu'à y tremper le zinc quelques instants après l'avoir préalablement décapé; cela fait, on le retire, on le laisse égoutter et on facilite la chute de l'excès de mercure en frottant le métal du haut en bas avec une brosse. Quand ce mercure sera devenu trop impur pour pouvoir servir à l'opération, on le fera distiller et on l'emploiera de nouveau.

La manœuvre que j'ai décrite présente un inconvénient réel; les cylindres de zinc qu'on ne place que les uns après les autres restent pendant quelque temps dans l'acide avant que le circuit ne soit fermé, et ce temps va jusqu'à une minute, pendant laquelle le métal et l'acide se consomment sans utilité. On aurait évidemment un grand avantage à éviter cette perte.

Dans ce dessein on a construit au puits n° 6 un petit appareil fort simple destiné à porter tous les cylindres de zinc et de charbon dans la position qu'ils doivent avoir dans la batterie. A chaque cylindre de zinc on a soudé trois pistons correspondant à trois petits supports fixés au-dessous d'une planche. A la partie

Nouvelle manœuvre.

supérieure de chaque cylindre de charbon on a creusé une gorge qui peut être prise dans un système de coulisseaux adaptés à la même planche. Celle-ci porte des trous correspondant aux cylindres de charbon et de zinc. On peut donc fixer d'avance les charbons et les zincs, et les réunir entre eux de la même manière qu'ils doivent l'être dans la batterie. Le dernier charbon étant d'ailleurs réuni au conducteur, il suffira, au signal des mineurs, de plonger l'appareil dans les pots qui renferment l'acide pour faire partir le coup de mine; le zinc et l'acide resteront donc en contact pendant un temps très-court.

Ce qui a retardé jusqu'à présent l'emploi de ce petit appareil est la nécessité de rendre fixes les vases poreux, ce qui peut se faire très-aisément au moyen de plaquettes en argile cuite munie de rebords faits exprès. On n'a pas encore eu le temps de les fabriquer, mais on devra s'en servir prochainement.

Il sera facile d'organiser un système de poulies et de cordes destinées à enlever l'appareil et à le tenir quelque temps au-dessus des pots de manière à faire égoutter les zincs.

Conducteurs. Le nombre des éléments à employer dépend de la longueur des conducteurs, de leur nature, de leur section et de la manière dont ils sont isolés.

On a employé d'abord des conducteurs en cuivre rouge de 3/4 de millimètre de diamètre et de 50 mètres de longueur. Ils furent un peu plus tard remplacés par d'autres fils formés chacun de trois fils semblables aux précédents et tordus en corde. On employait avec ces conducteurs tantôt huit, tantôt dix éléments.

Le troisième essai fut fait avec des lames de cuivre d'environ $0^{mq},005$ de section, entourées de coton gou-

dronné à l'extérieur; et longues de 70 mètres. Six éléments suffirent dans les premiers jours pour mettre le feu; mais bientôt l'eau pénétrant à travers le coton, l'isolement des lames devint de moins en moins parfait, et il fallut augmenter la batterie.

Enfin on se procura un conducteur isolé par une gaîne de gutta-percha. Le fil de cuivre est rond et a 0^m,002 de diamètre. La gutta-percha a 0^m,002 d'épaisseur; l'isolement est parfait. Avec deux conducteurs semblables de 80 à 90 mètres de longueur chacun, on n'a besoin que de six ou sept éléments; mais comme jusqu'à présent on n'a employé que l'un d'eux, en prenant pour deuxième conducteur une des colonnes de pompe, laquelle cause par son contact avec la terre une perte notable d'électricité, on se sert encore de dix éléments de pile.

Il résulte de tous ces essais que la meilleure disposition (et c'est celle qu'on a enfin adoptée pour le puits n° 6), est la suivante :

Disposition nouvelle des conducteurs.

Les deux conducteurs isolés, partant du bâtiment où se fait la manœuvre, sont tendus dans le puits l'un à côté de l'autre et fixés de distance en distance à la paroi par des pitons. Comme ces conducteurs sont assez chers, ils doivent être mis à l'abri des explosions qui pourraient occasionner leur rupture. On les arrête donc à 10 mètres du point où travaillent les mineurs et on les termine par un petit cylindre en fer ou en cuivre portant deux écrous et deux vis de pression destinés à y fixer d'un côté le grand conducteur isolé, de l'autre le fil de manœuvre, conducteur en cuivre rouge d'environ 0^m,001 de diamètre et non isolé, lequel va jusqu'au trou de mine; là il est relié au conducteur du porte-feu par une simple ligature.

Si l'on commençait le fonçage d'un puits avec l'intention d'employer ce procédé, il serait très-avantageux de ménager dans la paroi, dès l'origine du puits, une rainure verticale destinée à loger les deux conducteurs. Cette rainure pourrait être recouverte avec de petites planches bout à bout, et l'on pourrait ainsi mener le conducteur isolé jusqu'au fond du puits sans avoir à en redouter la rupture.

Avec de pareils conducteurs, ayant chacun de 80 à 100 mètres de longueur totale, une batterie de sept éléments serait suffisante.

La terre ne peut pas être employée comme conducteur.

L'emploi de la terre comme conducteur dans les grandes lignes télégraphiques nous a fait penser à essayer si l'on pourrait s'en servir dans le cas des travaux de mines; mais nous sommes arrivés à une solution tout à fait négative. Deux plaques de tôle, chacun d'un mètre quarré environ de surface, étant plongées dans la terre bien mouillée, à 40 mètres de distance l'une de l'autre, et le circuit étant formé d'un côté par une suite de conducteurs, et de l'autre par la terre, nous n'avons obtenu avec dix éléments qu'un courant très-faible. Dans ces circonstances la terre agit comme un conducteur en cuivre d'un millimètre quarré de section et d'au moins 1.000 mètres de longueur.

Prix de revient.

Nous avons exposé le procédé tel qu'il a été employé et indiqué les améliorations qu'on y a apportées jusqu'à présent, nous allons examiner maintenant les dépenses qu'il occasionne.

Du 6 octobre 1851 aux premiers jours de février 1852, on a tiré de six à sept coups de mine en moyenne par jour; pour chaque élément on renouvelait l'acide sulfurique tous les huit jours; l'acide nitrique n'était renouvelé entièrement qu'à de longs intervalles; on se

contentait de remplacer à mesure la quantité d'acide enlevée par évaporation. Les cylindres de zinc étaient amalgamés tous les quinze jours.

Dans cet intervalle on a tiré 882 coups de mine et les dépenses se sont élevées aux chiffres suivants :

	kil.		fr.	fr.
Acide sulfurique.	35	à	0,20	7,00
Acide nitrique.	38	à	0,65	24,70
Mercure.	2,5	à	12,00	30,00
Fils de cuivre du porte-feu.	8	à	4,00	32,00
Zinc, déchet.	23	à	0,80	18,40
Baguettes du porte-feu. .	882	à	0,02	17,64
			Total. . .	129,74

Ce qui porte la dépense à 0f,147 par coup de mine.

On consomme à peu près 36 grammes de mercure pour l'amalgamation d'un cylindre de zinc; mais cette quantité peut se retrouver en partie dans les résidus qui s'amassent au fond des pots et ne pas être perdue; c'est ce qu'on n'a pas eu soin de faire.

Pour le porte-feu, on emploie 2 mètres de longueur de fil de cuivre; mais comme ce fil se retrouve dans les déblais, on le fait ordinairement resservir deux ou trois fois jusqu'à ce qu'il soit brisé; c'est ce qui explique pourquoi l'on n'a consommé que 8 kilogrammes de cuivre pour cet usage. Si on remplaçait le fil de cuivre par du fil de fer, qui coûte moins, on ne se donnerait pas la peine de le chercher pour l'employer de nouveau; on devrait donc compter pour le même nombre de coups 20 kilogrammes de fil de fer.

Le déchet de zinc compté ci-dessus est la diminution de poids éprouvée par les cylindres de zinc. Lorsqu'ils sont trop usés pour être employés dans la batterie, on les fait refondre et on les coule dans un moule en fonte.

Du reste la dépense que nous avons comptée est plus forte que celle qui se fera plus tard ; on conçoit en effet qu'on a dû commettre de nombreuses fautes avant d'arriver à une bonne pratique. Ainsi en employant l'appareil que j'ai décrit pour plonger rapidement les zincs dans l'acide, et en se servant de fils de fer pour le porte-feu, on diminuera notablement la dépense.

On peut compter en effet qu'avec l'appareil la dépense en acide sulfurique, en zinc et en mercure sera réduite au moins de moitié ; la dépense en acide nitrique restera toujours la même (1).

On consommerait donc, pour le même nombre de coups de mine,

	kil.		fr.	fr.
Acide sulfurique.	17,5	à	0,20	3,50
Acide nitrique.	38,0	à	0,65	24,70
Mercure.	1,15	à	12,00	15,00
Fil de fer du porte-feu. . .	20,0	à	0,50	10,00
Zinc, déchet.	12,5	à	0,80	9,20
Baguettes du porte-feu. .	882,0	à	0,02	17,64
			Total.	80,04

Ce qui fait 0f,090 par coup de mine ; c'est moins que ne coûte la mèche de sûreté pour des trous de mine de 0m,80 de profondeur, comme ceux du puits n° 6.

Avantages que présente ce procédé. — Sûreté des hommes.

Les avantages que présente ce procédé peuvent d'ailleurs bien compenser un excédant de dépense. Le principal, celui sur lequel je voudrais surtout appeler l'attention, est relatif à la sûreté des ouvriers. D'après

(1) Un moyen tout naturel de réduire le nombre des éléments, et par suite les frais, est d'employer des conducteurs à grande section. On pourrait toujours ainsi, même avec d'assez grandes distances, n'employer que trois ou quatre éléments de pile. Mais il est nécessaire que les conducteurs soient isolés.

ce que j'ai dit plus haut de la manœuvre, cet avantage est incontestable pour le cas du foncement des puits.

Avec les cannettes, en effet, le mineur doit, aussitôt le feu mis à la mèche soufrée ou à l'amadou, remonter précipitamment dans la benne et se faire enlever rapidement; le coup peut partir avant qu'il ne soit arrivé à une hauteur suffisante pour être à l'abri de l'explosion. En outre le coup peut manquer fort souvent, à cause de l'eau qui tombe en abondance dans le puits; l'ouvrier doit alors redescendre et repasser de nouveau l'épinglette dans son trou pour y établir une nouvelle traînée de poudre; or, c'est une opération qui cause de nombreux accidents. Si la roche est siliceuse, ce qui se présente fréquemment et notamment aux environs de Privas, où les couches calcaires du terrain jurassique sont entremêlées de bandes siliceuses très-dures, le frottement de l'épinglette, même en cuivre, contre le rocher, peut produire une étincelle qui met le feu à la poudre.

La mèche de sûreté ou étoupille de Bickford n'est pas elle-même un moyen qui doive inspirer une sécurité parfaite. Ces mèches ne sont pas toujours bien faites ni parfaitement homogènes dans toute leur longueur; on en a vu dans les mines de la Loire conserver le feu jusqu'à trois quarts d'heure, et le communiquer brusquement à la poudre au moment où l'ouvrier s'apprêtait à débourrer pour rallumer le coup. L'effet contraire peut avoir lieu : elles peuvent brûler trop vite et causer encore par là des accidents.

Ici rien de semblable. Quand l'ouvrier a préparé le coup, il se fait enlever à une grande hauteur au-dessus du trou de mine, et c'est seulement sur son signal que l'on met le feu. Si le coup manque, il peut redescendre

en toute sécurité. Ce cas est rare d'ailleurs; on a souvent marché au puits n° 6 pendant trois semaines de suite sans manquer un seul coup de mine; pour peu que le mineur apporte quelque soin à l'opération de la charge et du bourrage, le coup doit toujours partir.

Enfin j'ajouterai qu'au bout de huit jours d'essai les mineurs eux-mêmes préféreraient de beaucoup ce nouveau procédé à l'ancien. Il a sur l'étoupille l'avantage d'offrir plus de sécurité et de pouvoir être employé partout; tandis que la fumée qu'elle produit proscrit son usage dans beaucoup de travaux.

Tirage sous l'eau.

Je viens de dire que le coup de mine manquait rarement avec ce procédé. Il est donc avantageux sous ce rapport; il l'est surtout quand, comme au puits n° 6, le fond du puits est presque couvert d'eau.

Je ferai remarquer aussi qu'on peut s'en servir pour le tirage sous l'eau, de préférence à l'étoupille de Bickford. Il suffira de plonger un porte-feu dans un sac goudronné rempli de la quantité de poudre nécessaire, de fermer le sac et de bourrer le trou comme on le fait avec l'étoupille. La dépense sera même moindre, puisque dans ce cas on emploie toujours au moins 2 mètres d'étoupille.

Économie de la poudre.

Le maître mineur, qui a constamment surveillé au puits n° 6 l'usage de la batterie, pense avoir obtenu avec ce procédé une notable économie de poudre.

C'est une assertion que je n'ai pas encore pu vérifier. Cela tient à ce que les couches traversées par le puits sont de natures diverses, et une comparaison entre les quantités de poudre employées par la nouvelle méthode et par l'ancienne n'aurait pu donner un résultat exact; mais lorsqu'on percera une galerie horizontale dans la couche de minerai de fer, on essayera successivement les deux procédés, afin d'établir une

comparaison sur l'emploi de la poudre dans les deux cas.

Cette économie est au moins probable. En effet le trou de mine une fois bourré ne présente aucune lumière par laquelle une portion du gaz puisse s'échapper. Toute l'action de la poudre se porte sur le fond du trou de mine; on doit donc avec une moindre quantité de poudre produire un aussi grand effet que dans le cas où l'on emploie les canettes et même les mèches de sûreté.

Si cette économie est bien constatée, l'emploi de la batterie aura, même sous le rapport de la dépense, un avantage marqué sur les méthodes ordinaires.

Ainsi, sécurité complète pour les hommes, sûreté du tirage et bon marché, tels sont les titres par lesquels l'emploi des batteries électriques dans le tirage des coups de mine se recommande à l'attention des exploitants.

NOTICE

sur

UN TACHOMÈTRE DESTINÉ A SERVIR D'INDICATEUR DE LA MARCHE AUX CONDUCTEURS DE LOCOMOTIVES, ET A TRACER LES DIAGRAMMES DE LA VITESSE.

Par M. DENIEL,
directeur de l'exploitation du chemin de fer de Montereau à Troyes (1).

Les compagnies de chemins de fer ont toujours attaché une certaine importance à obtenir des mécaniciens conduisant les trains, la plus grande régularité de marche possible. A cet effet, plusieurs compagnies ont stimulé le zèle et l'intelligence de leurs agents par des mesures de répression ou d'encouragement. Mais c'est toujours une tâche difficile de constater les infractions commises par un mécanicien à l'ordre de service qui règle la marche de son train, et lorsque d'ailleurs cette constatation acquiert un degré suffisant d'exactitude, l'agent n'est pas en peine de se justifier par une prétendue nécessité résultant d'une perte de temps dans le service des gares.

Quelque insignifiant que puisse paraître au premier abord le résultat pour l'exploitation d'un chemin de fer, de cette régularité de vitesse imprimée aux trains, elle touche à des intérêts assez réels pour que récemment on ait fait des efforts couronnés de quelque succès pour obtenir des indications sûres des mouvements d'une machine sur la voie. Cette question intéresse en effet l'éco-

(1) L'auteur a pris un brevet pour la construction de cet appareil.

nomie de l'exploitation d'un chemin de fer de deux manières : par l'économie du combustible, dont la consommation est d'autant plus grande pour faire un trajet, que ce trajet est fait avec une plus grande vitesse ; et par la conservation du matériel tant roulant que fixe, qui se détériore d'autant plus facilement que les chocs reçoivent de la vitesse une plus grande énergie.

La sécurité des voyageurs trouve elle-même une garantie dans cette uniformité de mouvement, puisqu'il ne saurait être contesté que si le danger peut, dans un convoi en mouvement, naître d'une circonstance imprévue, ce danger augmente avec la vitesse. A ce point de vue, l'administration publique chargée de surveiller l'exploitation des chemins de fer, ne saurait rester indifférente aux essais ayant pour objet de mettre entre ses mains un moyen de contrôle dont les résultats soient à l'abri de la critique.

Les compagnies de leur côté peuvent avoir de puissants motifs pour exercer un contrôle de cette nature, surtout lorsqu'elles donnent leur service de traction à l'entreprise. Alors, en effet, l'intérêt de l'entrepreneur, différent de celui de la compagnie exploitante, est, non pas d'exagérer la vitesse, mais de la réduire même au-dessous de la vitesse réglementaire au détriment de l'exactitude du service. On voit donc que le problème de la construction d'un tachomètre à l'usage des chemins de fer était assez intéressant pour appeler une bonne solution pratique.

Ainsi qu'il a déjà été dit, plusieurs tentatives ont été faites pour atteindre ce but, mais il n'est pas à ma connaissance qu'aucun des appareils ait donné les résultats auxquels je suis parvenu au moyen de l'instrument représenté Pl. II.

Cet instrument, en effet, ne se borne pas à conserver

des indices permanents de la marche, ce qui n'apprendrait rien au conducteur du train avant son arrivée à destination; il présente encore sur un cadran placé sous les yeux du mécanicien et instantanément au moyen d'une aiguille, l'indication exacte de la rapidité du mouvement. L'agent ne peut donc ainsi excuser ses infractions par la mauvaise marche d'une montre, ou une fausse appréciation des distances.

Le principe de l'appareil est d'ailleurs assez simple pour garantir un excellent service. Il se compose de deux éléments essentiels et bien connus. Un pendule analogue au pendule conique, et dans lequel l'action de la pesanteur est remplacée par l'élasticité, forme le premier élément; son axe est placé horizontalement et porte quatre ressorts fixés par une extrémité à une virole rendue solidaire avec l'arbre, et par l'autre extrémité à une seconde virole formant glissière. Ces ressorts portent en leur milieu de petites boules en cuivre destinées à accroître, au moyen de leur masse, l'effet de la force centrifuge.

Lorsque cet appareil à boules, qui reçoit le mouvement d'un des essieux de la machine au moyen d'une corde sans fin a acquis une vitesse suffisante pour que la force centrifuge puisse vaincre la résistance des ressorts, ces boules s'écartent de l'axe et entraînent la glissière, déterminant ainsi un mouvement horizontal dont l'amplitude dépend de la vitesse de rotation de l'essieu avec lequel l'appareil est mis en rapport.

Ce mouvement horizontal est transmis d'une part à l'aiguille indicatrice de la vitesse du mouvement, et d'autre part à un crayon soutenu et guidé par un support à chariot.

Le second élément se compose d'un mouvement d'horlogerie disposé de telle sorte que l'axe principal

emploie à faire sa révolution un certain temps que les besoins du service doivent déterminer, et qui sera habituellement de cinq à six heures. Cet axe principal porte un disque vertical sur lequel on fixe un carton ainsi préparé : des cercles concentriques représentent les diverses vitesses du mouvement, le plus grand cercle correspondant au repos, et le plus petit cercle, à la plus grande vitesse que puisse marquer l'appareil. Ces cercles concentriques sont coupés par des lignes droites convergeant vers le centre et représentant la division du cercle en minutes. Si le disque emploie six heures à opérer sa révolution, le cercle sera donc divisé en 360 parties, et des rayons porteront cette division sur tous les cercles concentriques.

Le crayon recevant son mouvement rectiligne de l'appareil à boules est amené au contact du carton dont il s'agit, sous la pression d'un ressort à boudin, et sa position au repos coïncide avec celle du plus grand cercle tracé sur ce carton.

L'on voit déjà que les deux mouvements combinés, rectiligne et circulaire, doivent avoir pour résultat de tracer sur le carton une ligne dite *du mouvement* dont les ordonnées rapportées au plus grand cercle, représentent les diverses vitesses acquises par l'axe de l'appareil à boules, et par conséquent par l'essieu qui lui transmet son mouvement.

Il était essentiel, non-seulement d'avoir les diverses vitesses imprimées à un train en marche, mais encore de connaître l'instant précis de son arrêt devant la station et celui de son démarrage.

L'appareil ne pouvant, à cause de la petitesse de la force centrifuge, indiquer des vitesses inférieures à 10 ou 12 kilomètres à l'heure, confondait ces faibles vitesses, avec le repos absolu. Il laissait ainsi dans

l'incertitude sur le moment où l'arrêt d'un train s'effectuait, et en outre n'accusait pas les manœuvres de gare, faites à des vitesses toujours très-faibles. Ces diverses indications étant cependant très-utiles, il a fallu chercher une nouvelle combinaison pour obtenir ce nouveau renseignement : le commencement et la fin du repos absolu de la machine.

L'on remarquera que dans la ligne du mouvement, le repos absolu est précédé et suivi d'un trait fort large, qui a dans la pratique $0^m,002$ d'épaisseur. Ce trait, qui n'est autre chose qu'une succession de petites ordonnées très-rapprochées, est tracé par le crayon lorsque la vitesse de marche ne dépasse pas 10 kilomètres à l'heure. Pour imprimer au crayon ce petit mouvement oscillatoire de $0^m,002$ d'étendue qu'il prend chaque fois que l'appareil à boules est à peu près à l'état de repos, il a suffi de donner une coupe biaise à la face de la glissière qui vient s'appuyer sur le support ; de placer sur ce dernier une goupille fixe formant saillie sur le plan de repos, et contre laquelle vient s'appuyer la face biaise de la glissière. Il en résulte de la part de cette dernière, un mouvement excentrique facile à concevoir, lequel produit, dans toutes les pièces de l'appareil, un léger mouvement de va-et-vient. On obtient donc ainsi la limite exacte du repos absolu, à ce point que toute manœuvre faite en gare à quelque vitesse que ce soit est accusée avec sa durée, sur le carton, à l'instant précis où elle a été exécutée.

Enfin, dans plusieurs cas, il peut être intéressant de connaître l'instant où le mécanicien a reçu le signal du départ de la station. A cet effet, un timbre est ajouté sur la boîte renfermant l'appareil. Le levier qui met en mouvement la sonnerie de ce timbre, imprime en même temps un mouvement de déplacement sur son

axe, à la glissière de l'appareil à boules, et par conséquent au crayon qui alors laisse sur le carton un trait convergent vers le centre. Ce trait indique, par sa position, l'instant précis auquel a été fait le signal; et s'il reste entre ce trait et celui qui indique les mouvements à petite vitesse un blanc sur le carton, c'est que le mécanicien a retardé sa mise en marche de tout le temps représenté par ce blanc. Cette partie de l'appareil n'est pas nécessaire à sa fonction, et il sera souvent possible de s'en passer. On conçoit cependant que cet élément sera très-important pour toutes les lignes sur lesquelles un marché de traction donne lieu à un certain antagonisme d'intérêts.

Sur la partie antérieure de l'appareil est un cadran dont les divisions représentant la vitesse sont obtenues par expérience, comme la division en cercles concentriques des cartons à diagrammes. C'est l'indicateur du mécanicien.

La partie postérieure de la boîte porte un cadran de montre dont l'utilité est d'abord de servir à régler le mouvement d'horlogerie, et en second lieu de donner l'heure exacte du départ de la première station, point important, puisque l'exactitude des observations pendant tout le trajet dépend évidemment de l'exactitude de ce renseignement. Or, ce renseignement sera produit avec une fidélité indépendante de la marche bonne ou mauvaise des horloges des gares, si en donnant le signal du départ, le chef de la station ou le chef du train est obligé de pousser le levier qui fait à la fois fonctionner la sonnerie (s'il en est fait usage) et glisser l'appareil à boules sur son axe, et par conséquent le crayon sur le carton.

En résumé, l'appareil dont il s'agit fournit sur la marche des trains un rapport aussi complet que peuvent

le désirer tous les fonctionnaires et agents appelés à diriger, surveiller ou contrôler le service des trains sur les chemins de fer.

Il donne au moyen des diagrammes de la marche une connaissance parfaite aux chefs de service de la manière dont le mécanicien a conduit son train. Les ralentissements comme les accélérations de vitesse, leur origine, leur durée, sont enregistrés fidèlement et toute fraude devient impossible. Si par nécessité de service les mécaniciens sont obligés d'accélérer la vitesse dans des limites déterminées habituellement par les règlements de l'exploitation, ils peuvent le faire avec la certitude de ne pas dépasser cette limite puisqu'ils ont sous les yeux un contrôle à leur usage, et il en est justifié à l'arrivée par le diagramme de la marche.

Au moyen de ce diagramme les chefs de service n'auront plus besoin de recevoir de leurs subordonnés ces rapports habituellement contradictoires qui laissent dans le vague la responsabilité des inexactitudes ou des négligences du service général dans ses rapports avec le mouvement des trains. Ce sera là une notable amélioration que les compagnies sauront apprécier. Ces diagrammes serviront encore dans les cas, heureusement fort rares, où la responsabilité des compagnies est engagée faute de pouvoir la faire peser directement sur l'agent dont l'imprudence ou la négligence a compromis la vie des voyageurs.

Enfin, et ce détail n'est pas sans intérêt, la seule inspection de ce diagramme apprendra la manière dont le service s'est fait dans une gare, chaque mouvement de la machine étant accusé sur le carton. Le train n'aura pu reculer après avoir dépassé la station, il ne sera pas pris ou laissé de matériel, sans que l'appareil n'indique le temps et les moyens employés dans ces manœuvres.

Le compte des minutes écoulées pendant le service des gares se trouvera ainsi tout fait avec une rigueur mathématique qui ne souffrira pas la moindre objection.

Ces explications me paraissent devoir rendre suffisamment intelligible le mécanisme et les fonctions de ses diverses parties. La légende ci-dessous les complétera d'ailleurs au besoin. L'appareil dont il s'agit a reçu la sanction de l'expérience : il en est fait usage sur le chemin de fer de Montereau à Troyes. La *fig.* 9 est la reproduction, à l'échelle de 1/2, du diagramme donné par le train n° 9 du 7 septembre 1852.

Le tracé si accidenté de la *fig.* 10 représente une course d'une machine seule, course faite le 1er septembre, en présence de M. l'ingénieur Couche, qui a constaté ainsi la sensibilité de l'appareil, la docilité avec laquelle il suit les plus brusques variations de vitesse, et l'accord constant qui existe même à ces marches anormales, entre les indications du diagramme et celles de l'aiguille.

Je dois en terminant rendre justice à l'habileté avec laquelle M. Quillet, inspecteur du service télégraphique sur la ligne de Montereau, a agencé les détails de cet appareil. Il ne fallait rien moins qu'une main habituée aux travaux délicats de l'horlogerie pour en assurer le succès.

P. S. Une amélioration vient d'être apportée à la disposition du carton destiné à recevoir les diagrammes. Les divisions représentant les minutes sont numérotées de 0 à 60, et le carton est placé dans l'appareil de telle sorte que les minutes du mouvement d'horlogerie correspondent aux minutes des horloges de la ligne. Or comme il ne peut exister d'incertitude sur l'heure à laquelle s'est opéré uu mouvement de machine, que les minutes seules laissent dans le doute, on connaîtra désormais parfaitement l'heure du départ et celle d'arrivée, et même celle de tout mouvement de gare, à la seule inspection du

carton, puisqu'il suffira d'ajouter à l'heure donnée par les tableaux de service ou les rapports, les minutes indiquées par le diagramme. Ainsi disparaît l'obligation imposée au chef de la gare de départ, de faire marcher la sonnerie de l'appareil pour donner le signal du départ, à moins que l'on ne veuille s'assurer que le démarrage a été effectué aussitôt que l'ordre en a été donné.

LÉGENDE DE LA PLANCHE II. *

A, poulie à gorge transmettant le mouvement à l'appareil à boules.

BB, axe de l'appareil à boules.

CCCC, ressorts de l'appareil à boules.

DDDD, boules en cuivre.

EE, glissière.

FF, levier de transmission de mouvement de la glissière.

GG, arbre de transmission dudit mouvement.

HH, levier faisant mouvoir, au moyen d'une chaînette, l'aiguille indicatrice de la vitesse.

III, barillet contenant un ressort destiné à faire tourner l'aiguille toutes les fois qu'elle n'est pas retenue par la chaînette.

JJ, aiguille indicatrice de la vitesse.

KK, levier de transmission du mouvement de la glissière au crayon.

LL, crayon glissant dans une coulisse MM, et destiné à tracer la marche des trains.

NNN, mouvement d'horlogerie imprimant au disque OOO un

* Le même objet est désigné sur les diverses figures par les mêmes lettres.

mouvement de révolution qui s'opère entièrement en six heures.

PPPP, carton divisé par des cercles concentriques et par des lignes convergeant vers le centre, représentant la vitesse du mouvement et le temps écoulé.

TTT, timbre destiné à donner le signal du départ au mécanicien, et transmission de ce signal à la glissière de l'appareil à boules, et par conséquent au crayon qui en laisse la trace sur le carton.

NOTE

SUR LE CREUSEMENT DU PUITS ALEXANDRE A LA MINE DE FERCÉ (Sarthe).

Par M. DE FRANCY, ancien directeur de la compagnie des mines de Sarthe et Mayenne.

Dans tous les traités d'exploitation, on s'est beaucoup étendu sur les procédés employés pour traverser des terrains abondamment aquifères et isoler un puits des nappes d'eau qui l'environnent, mais il est un cas que l'expérience a mis au jour et qui, s'il n'a pas été omis, ne me paraît pas, je crois, avoir été suffisamment considéré, c'est celui où il n'est ni possible, ni logique d'éviter les eaux affluentes, et où, en présence d'un épuisement considérable causé tant par les eaux du fond que par celles des galeries supérieures, il faut néanmoins encore opérer le creusement du puits.

Essayer de combler cette lacune en indiquant les moyens employés pour creuser le puits Alexandre à la mine de Fercé (Sarthe), tel est le but de cette notice.

Quoique la découverte de l'anthracite dans l'ancienne province du Maine soit assez récente, les travaux de mines ont déjà généralement atteint une certaine profondeur; et les couches étant peu puissantes, peu régulières et peu éloignées de la verticale, on peut affirmer que les exploitations qui reposent sur des gisements avantageux devront, avec le temps, être amenées à de grandes profondeurs et auront simultanément à traverser des roches tantôt tendres, tantôt dures mais toujours aquifères et à opérer des épuisements d'autant plus considérables, qu'indépendamment de la nature du

terrain, ils seront la conséquence du système d'exploitation (haut en bas) suivi dans le pays. Système qui, en considération des caractères des couches, peut être rarement modifié sans quelque peu de témérité.

La bande anthraciteuse sur laquelle sont établis les travaux de la mine de Fercé, près Sablé (Sarthe) repose au sud sur des calcaires à encrines et des grès de transition; au nord, elle supporte un grès quartzeux dur ou désagrégé, mais qui toujours amène dans les travaux des eaux fort abondantes.

On y distingue trois couches principales dont l'une (celle du nord) a seule jusqu'à ce moment été reconnue exploitable; sa puissance moyenne est de $0^m,80$, sa direction E.-O. et son inclinaison varie de 50° à 90°.

Son mur est un grès quartzeux fort dur; son toit, souvent assez mauvais, est le grès désagrégé dont j'ai parlé ci-dessus. La coupe (Pl. III, *fig.* 1) indique la position du puits Alexandre et des terrains environnants.

La couche exploitée par la méthode des gradins renversés, était attaquée par massifs de 18 mètres de hauteur divisés en tailles ou cassis de $2^m,33$.

Quand une zone de 18 mètres était exploitée sur toute la longueur des travaux, les puits qui tous, à l'exception d'un seul, étaient creusés suivant la couche, étaient successivement approfondis; et à partir du puits Saint-Jean, point inférieur des travaux, on ouvrait de nouvelles galeries de direction aérées par celles du niveau supérieur.

En 1843, on était ainsi parvenu à la profondeur de 126 mètres.

L'épuisement quotidien était d'environ 10.000 hectolitres, et par suite des forces perdues en frottements sur des inclinaisons variables, il absorbait complétement le travail de deux machines de vingt chevaux.

Les crains (1), les élargissements de galeries nécessités par la pose du chemin de fer fournissant des déblais considérables, il en résultait l'obligation de monter au jour une grande quantité de matières stériles. Cette dépense s'augmentait encore par les difficultés du roulage intérieur dans des galeries présentant une section inclinée.

On dut donc songer à un mode d'exploitation plus économique et plus approprié aux diverses considérations que je viens d'énoncer.

On s'arrêta au suivant :

Attaquer la couche par massifs de 50 mètres de hauteur, divisés en deux exploitations; contrairement à l'ancien usage, faire marcher la galerie inférieure la première, et remblayer ses tailles avec les déblais de la voie supérieure. On était ainsi certain de n'avoir jamais à monter au jour dans le cas le plus défavorable que les déblais de la voie inférieure; mais bien qu'au moyen de digues on eut soin d'isoler des galeries supérieures, le premier puits en creusement, le grès désagrégé du toit amenant toujours les eaux au point le plus profond, et le volume de ces eaux augmentant rapidement tout creusement devenait bientôt impossible avec les moyens disponibles, et la limite extrême de 20 mètres n'était atteinte qu'avec beaucoup de difficultés et à très-grands frais.

Exécuter un cuvelage à l'imitation de ceux du Nord, c'était un travail qui présentait les plus grandes difficultés, puisqu'on manquait de terrain imperméable et souvent même de terrain solide.

---

(1) Le mot crain ou crin s'emploie dans les mines de l'Ouest pour indiquer l'absence de combustible, soit que cette absence provienne d'un rapprochement des parois de la couche, ou de la stérilité de la matière comprise entre elles.

C'était en outre une dépense complétement inutile, car, quand bien même le puits eût été complétement isolé des eaux du toit, l'exploitation du combustible leur eût bientôt donné passage par la rupture de la roche : ce fait s'est réalisé constamment; on ne pouvait donc éviter la nécessité d'opérer un épuisement considérable, susceptible d'augmentation avec la profondeur, et il fallait en outre se ménager le moyen de faire ce travail simultanément avec le creusement du puits.

Dans ce but, la société se décida à faire l'acquisition d'une puissante machine du système dit de Cornwall et à substituer l'épuisement par pompes à celui qui avait lieu par tonnes et cordes plates.

Un puits vertical fut creusé et disposé de manière à recevoir les pompes d'un côté, et de l'autre être desservi par la machine rotative du puits de la Rivière qui devenait inutile.

Les *fig.* 1 et 3 en indiquent les diverses dispositions.

Par la nature même du terrain traversé, ce puits fut creusé à sec et fort économiquement jusqu'à la profondeur du puits de la Rivière (126 mètres); mais aussitôt qu'il l'atteignit, les eaux s'y montrèrent en abondance et arrêtèrent le travail, qui ne put être repris que postérieurement avec le secours des pompes.

Ce puits, de $2^m,90$ de diamètre intérieur, fut muraillé en briques suivant le procédé ordinaire.

On employa deux sortes de briques, les unes de forme rectangulaire avaient $0^m,20 \times 0^m,12 \times 0^m,06$.

Les autres en forme de voussoir avaient :

Longueur.	0,30
Largeur au gros bout. . . .	0.17
Largeur au petit bout. . .	0,15
Épaisseur.	0,06

Le mortier était composé de volumes égaux de chaux

de Précigné (1), de sable maigre bien sec, et de fraisil criblé imitant la pouzzolane.

Il était passablement hydraulique.

La machine livrée par M. Hallette d'Arras avait les dimensions principales suivantes :

Diamètre du cylindre.	1,45
Course du piston.	2,50
Course des pompes.	2,30
Longueur du balancier. . . .	8,68

Elle était garantie pouvoir en vingt heures de travail ; épuiser 16.000 hectolitres d'eau à 300 mètres de profondeur et ne consommer que 2^k,50 de houille par heure et force de cheval.

La *fig*. 3 indique la disposition générale.

A, machine d'épuisement.

G, quatre générateurs.

P, puits.

p, *p'*, section des tonnes.

p'', section des pompes.

D, D, cabestans solidement établis pour le service des pompes.

C, balancier de contre-poids destiné à compenser une partie de l'excès du poids des tiges sur celui de l'eau refoulée.

H, Machine rotative du puits de la Rivière.

K, puits de la Rivière devenu inutile.

Une partie des pompes vint du Cornwall, le reste fut exécuté dans les ateliers de M. Voruz aîné, de Nantes.

La distance verticale de 126 mètres fut divisée en deux pistons foulants de 0^m,30 diamètre intérieur.

Je ne m'arrête pas à la description de ces pompes, elles sont à très-peu près semblables à celles décrites

(1) Ce calcaire provient de l'étage inférieur du terrain jurassique.

par M. l'inspecteur général Combes dans son *Traité d'exploitation* et dans les *Annales des mines*, tome Ier, 3e série.

Au-dessous de 126 mètres dans le puisard fut placée une pompe aspirante et élévatoire destinée au creusement du puits.

Elle se composait des pièces suivantes :

1° Une aspiration de 0^m,25 diamètre intérieur, 2^m,70 de longueur, percée à sa partie inférieure de quatre zones de trous de 0,08 diamètre, et terminée en pointe (*fig.* 4) ;

2° Une chapelle et son clapet n'offrant rien de particulier ;

3° Un corps de pompe de 0^m,30, diamètre intérieur, et 6 mètres de longueur.

Pour obvier à la difficulté d'aléser un cylindre de cette longueur, il était formé de deux pièces alésées séparément, dressées et tournées dans leurs portées, de telle manière qu'après leur juxta-position, les axes des cylindres partiels se trouvassent sur une même ligne droite.

4° Tuyaux d'ascension en fonte ou en tôle ayant un diamètre intérieur de 0^m,35 et destinés à amener l'eau dans la bâche de la deuxième pompe foulante.

5° Le piston (*fig.* 5) est une imitation du piston à cornet des Allemands.

Il consiste dans une fourche en fer (*fig.* 3) s'unissant d'un côté à la tige par un joint à manchon, et de l'autre pénétrant dans un cône tronqué en bronze (*fig.* 6) dont la grande base est en dessus (*fig.* 5).

Sur ce cône s'applique un cornet composé de deux bandes de cuir très-fort (*fig.* 7) unies l'une à l'autre à leur grande base par deux rangs de clous de cuivre rivés.

Ce cornet est ensuite solidement fixé par un cône en

fer (*fig.* 8), lequel est lui-même maintenu par un disque en tôle (*fig.* 9) et deux clavettes (*fig.* 5) qu'on serre à volonté et qu'on attache l'une à l'autre par une petite corde, afin qu'elles ne se lâchent pas pendant le travail.

L'intérieur (*fig.* 6) du cône de bronze est creux et reçoit à sa partie supérieure un clapet ordinaire (voir *fig.* 5). Ce piston étant descendu dans le corps de pompe fait l'office du cornet allemand. Les clous de cuivre n'ont d'autre but que de réunir les cuirs et de présenter de la résistance à l'usure.

Le choix des cuirs est important; il faut qu'ils soient forts et d'une épaisseur égale, enfin tels qu'avec peu de flexibilité, ils fassent néanmoins constamment ressort. Le cuir qui est préparé à l'acide est extrêmement défectueux et son usage est souvent dangereux, parce qu'en se ramollissant à l'eau il s'use inégalement, se plie en remontant et détermine ainsi une pression qui soulève tout l'appareil et expose à en briser quelques pièces.

J'ai rarement trouvé du cuir de bonne qualité, mais je l'améliorais en le faisant battre et le laissant vieillir dans un endroit sec.

6° Enfin la tige de cette pompe était tout simplement une barre de fer rond de $0^{m},06$, diamètre qui se terminait à sa partie supérieure par une crémaillère en fer plat percée de mortaises et recourbée en crochet à son extrémité (*fig.* 4).

Pour mettre tout ce système en mouvement, il suffit d'accrocher la crémaillère par une de ses mortaises à un bouton de fer B (*fig.* 4), placé sur la tige du piston refoulant.

Maintenant que nous avons donné l'idée de notre outil, nous allons en indiquer l'usage.

Tant qu'il ne s'agit que de l'épuisement du puisard,

la pompe resta suspendue sur les moises du puits au moyen d'un fort collier de fer (*fig.* 12), et son extrémité étant ainsi au-dessus du fond, elle n'aspirait que de l'eau claire; mais quand il fallut décombrer le puisard, la pompe fut attachée au câble d'un des cabestans et descendue successivement pied par pied; des ouvriers agitaient l'eau de manière que la pompe *avalât* simultanément les parties liquides et vaseuses et chargeaient dans la tonne celles d'un trop gros volume ou d'une trop grande densité.

Bientôt la pompe reposa directement sur le sol par la pointe de son aspiration. Sur les côtés quelques guides la soutenaient sans cependant gêner ses mouvements.

C'est ici le cas de faire connaître l'utilité de la grande longueur donnée au corps de pompe.

La course du piston étant de $2^m,30$ au maximum, on commence par donner à la tige une longueur telle que le piston se trouve à $0^m,20$ au-dessus de la bride inférieure du corps de pompe, en même temps que le trou inférieur de la crémaillère est accroché au bouton S de la maîtresse tige (*fig.* 4).

La course du piston étant, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, de $2^m,30$ au-dessus du point B, on voit que la pompe peut descendre de $[6^m,00 - (0^m20 + 2^m,30 + + 0^m,20)]$ ou $3^m,30$ avant que le piston n'arrive à $0^m,20$ de la bride supérieure du corps de pompe, et, si on fait usage de la crémaillère dont j'ai parlé ci-dessus, on peut encore descendre la pompe de toute la distance (5 mètres) comprise entre la première et la dernière mortaise.

On n'a donc ainsi à remonter la tige au jour pour l'allonger que tous les $(3^m,30 + 5^m,00)$ ou tous les $8^m,30$.

Revenons maintenant à notre opération.

On bouche avec des tampons de bois mou (sapin ou

peuplier) tous les trous de l'aspiration à l'exception de ceux de la zone inférieure par lesquels seuls l'eau doit alors pénétrer; l'eau se trouvant ainsi réduite bientôt à quelques centimètres de hauteur, l'ouvrier commence à battre une mine au-dessous de la pompe dans la position AB (*fig.* 4). Le coup part, la pompe est ébranlée; quelquefois même rejetée, mais bientôt redescend dans l'excavation produite par la mine.

Si la descente n'a pas lieu d'elle-même, l'ouvrier la détermine au moyen de leviers.

Il arrive quelquefois que la pompe est projetée au loin et que le levier est impuissant pour la faire descendre, l'ouvrier doit alors se hâter de faire une mine dans le sens nécessaire pour qu'elle tombe dans le trou.

Si enfin la pompe étant trop inclinée, les leviers sont impuissants et la mine trop *chargée*, on soulève l'appareil en accrochant le câble du cabestan à la bride supérieure du premier tuyau; mais ce cas se présente rarement, et pendant tout le creusement du puits (91 mèt.) nous n'avons été forcés qu'une seule fois de recourir à cette manœuvre.

Au moyen de ces coups de mine répétés sous la pompe, on détermine bientôt un petit puisard dans lequel toutes les eaux viennent se rendre et se faire aspirer (*voir* la *fig.* 11).

Le reste du sol du puits se travaille ainsi tout à fait à sec.

Ces coups de mine placés près de la pompe et quelquefois au-dessous quand la pierre est dure et casse mal paraissent au premier abord d'une exécution dangereuse, et on s'attend à voir sans cesse briser les tuyaux d'aspiration; je partageais cette opinion, et j'avoue que je n'essayai pas ce procédé sans en redouter les conséquences; l'usage me prouva bientôt

que mes craintes étaient exagérées ; cependant le danger existe bien réellement et il convient de prendre des précautions.

Voici ce que je fis dans ce but :

Le tuyau d'aspiration avait $0^m,05$ d'épaisseur et des brides annulaires tous les $0^m,50$; il était en outre recouvert d'une enveloppe de vieux câbles plats placés verticalement et maintenus par des cercles en fer (*fig.* 11).

Enfin, quand les mines étaient trop *directes*, les ouvriers avaient le soin de placer sur la mine quelque planche qui pût amortir le choc des pierres.

J'ai fait par ce système creuser 91 mètres de puits et n'ai brisé qu'un seul tuyau, encore était-ce à la fin du travail ; le tuyau était usé et n'avait que $0^m,025$ d'épaisseur.

Sauf ces petits soins, ce procédé n'est pas embarassant, on n'arrête même pas la machine avant d'allumer les mines.

Les joints des tuyaux sont de tout l'appareil les points qui fatiguent le plus, ce sont en effet en quelque sorte les articulations de la colonne vertébrale, il convient donc de donner beaucoup de solidité aux brides.

Nous avons fait usage de tuyaux en fonte et en tôle. Avec des joints bien établis, je donne la préférence à ces derniers, parce qu'ils pèsent moins et rendent les manœuvres beaucoup plus faciles ; mais il est essentiel d'avoir des brides bien solides, car quand on soulève la pompe elles portent toute la charge.

Le terrain traversé par le puits Alexandre était le grès désagrégé dont j'ai parlé ci-dessus : il offrait cela de particulier que le plus souvent, entre deux couches dures de quelques centimètres d'épaisseur, se trouvait une couche sableuse. Il en résultait qu'aussitôt qu'une couche dure était percée l'eau contenue dans la couche

sableuse se faisait jour et emmenait avec elle les parties les plus ténues; la pompe était obligée d'*avaler* tout, et dans ce but un jeune ouvrier enlevait à la main le gros sable et les petites pierres qui s'amoncelaient au fond du petit puisard. En outre, une toile métallique à carrés de $0^m,007$ de côtés était placée devant les trous inférieurs. Enfin, avant d'allumer leurs mines, les ouvriers débouchaient deux ou trois trous de la zone supérieure, afin de laisser un plus vaste réservoir aux matières sableuses qu'ils enlevaient ensuite à leur retour.

Avec cette précaution de déboucher quelques trous de la zone supérieure on pouvait même arrêter la marche de la machine pendant quelque temps (une demi-heure, par exemple). Mais quand la durée de l'arrêt était plus longue, le sable amoncelé autour de la pompe pouvait quelquefois dépasser la zone supérieure, et comme en outre les matières déjà avalées par la pompe et en suspension dans la colonne ascendante n'étaient plus agitées, elles descendaient par leur propre densité, se déposaient sur les clapets du piston et de la soupape, et en empêchaient bientôt le service. La pompe alors ne pouvait plus fonctionner, elle était *enfloutée*, suivant l'expression locale, et le seul remède consistait à la soulever hors de l'eau, à ouvrir la chapelle, nettoyer la soupape, changer le piston et redescendre l'appareil en ayant soin, cette fois, de le suspendre au-dessus du sable jusqu'à ce que l'eau étant baissée les ouvriers pussent descendre et décombrer le puisard, comme ils l'avaient fait précédemment.

Cette circonstance s'est présentée malheureusement plusieurs fois, et c'est alors qu'on a été heureux de disposer de puissants cabestans pour soulever la pompe et l'eau qu'elle contenait.

Voici comment on opérait pour cette manœuvre :

Dans la boucle du câble d'un cabestan et quelquefois dans les boucles des deux câbles, quand la charge était considérable, on passait une chaîne de 2 mètres environ portant à ses deux extrémités des boulons et écrous semblables à ceux des joints des tuyaux.

On les plaçait dans deux trous opposés de la bride du premier tuyau serrait les écrous et faisait lever (voir *fig.* 13).

Si la charge était considérable, on mettait deux chaînes au lieu d'une.

Ce procédé était employé pour les tuyaux de fonte. Quand on faisait usage de ceux de tôle, pour éviter aux brides supérieures la charge totale, on mettait au corps de pompe deux anneaux latéraux LL (*fig.* 4), dans lesquels passaient deux fortes chaînes qui montaient au-dessus des tuyaux (*fig.* 4).

Les pistons ordinaires du Nord et de Saint-Étienne ne nous ont jamais été d'un bon usage; le sable fin pénétrant entre le corps du piston et la garniture (cuivre ou chanvre) en grossissait le diamètre et déterminait un frottement si considérable sur les parois de la pompe que bientôt la machine en remontant soulevait tout l'appareil. Le piston-cornet dont j'ai donné la description (*fig.* 5, 6, 7, 8 et 9) est le seul dont nous ayions pu nous servir, mais il est fort dispendieux, parce que le sable fin imite l'émeril et use beaucoup. La *fig.* 15 représente un autre modèle de piston basé sur le même principe et dont la différence consiste dans le serrage des garnitures qui se fait par des vis au lieu de clavettes.

Nous avons eu pendant les diverses séries de creusement des garnitures qui ne duraient que quatre heures, tandis qu'à eau claire et sans creusement elles faisaient un service de deux mois.

La durée moyenne d'une garniture pendant le creusement était de douze heures. Or, comme pendant le changement de chaque piston, il fallait arrêter la machine et lui faire ensuite regagner le temps perdu, il était très-important d'accélérer cette manœuvre.

Voici comment on opérait :

Dans le crochet formé par l'extrémité de la crémaillère, tige du piston, on passait l'anneau d'un câble de cabestan (ce câble était toujours en permanence au point voulu), puis on sonnait à lever *doucement*. Au moment où la tige ne pesait plus sur le bouton d'attache, l'ouvrier donnait un petit coup et la faisait sortir, on sonnait alors à lever *vivement*, et le piston sortait du corps de pompe et bientôt des tuyaux d'ascension, on arrêtait, défaisait le joint (joint à mâle et femelle, *fig.* 5), remplaçait le piston par un neuf (qui était toujours d'avance au fond, à la disposition de l'ouvrier), et sonnait à descendre.

Cette descente devait être un peu rapide, surtout à la fin pour que le piston neuf pénétrât dans le corps de pompe ; dans ce but, ce dernier était évasé à sa partie supérieure (voir *fig.* 4).

Enfin, on sonnait à mettre la machine en mouvement; toute cette opération se faisait en vingt minutes, souvent moins.

Il fallait, au minimum, trois ouvriers au fond et cinq au jour sur le cabestan. Quelquefois, en l'absence d'hommes et quand la pompe était longue, nous nous servions de chevaux, mais il les faut bien dociles, et leur emploi ne présente jamais la même sécurité.

Dans des manœuvres comme les changements de pistons et les soulèvements des pompes, il était indispensable de donner des indications nettes et rapides.

La première condition était de pouvoir commander

du fond du puits séparément à chaque machine et à chaque cabestan.

Dans ce but, quatre cordes qui descendaient le long des parois du puits correspondaient à autant de sonneries à timbres différents. Ces sonneries consistaient tout simplement dans un levier horizontal en fer BC (*fig.* 14), mobile autour du point A, ayant à l'extrémité B la corde qui descend au fond du puits, et à l'autre C un marteau dont le poids multiplié par son bras de levier est supérieur à celui de la corde multiplié par le sien. Quand on tire la corde, le marteau se lève et frappe une plaque de tôle T mobile suivant deux tiges E, E, le nombre de coups indique l'ordre. Ainsi :

Un coup disait :	*Arrêtez.*
Deux coups disaient :	*Descendez.*
Trois coups disaient :	*Montez.*
Quatre coups disaient :	*Montez avec attention, et doucement.*
Cinq coups disaient :	*Mise en marche de la machine d'épuisement.*
Sept coups disaient :	*Augmentation de vitesse.*

Enfin dix coups indiquaient une manœuvre très-difficile et commandaient d'avance la plus grande attention.

Ces signaux nous ont été de la plus grande utilité et nous ont évité plus d'un grave accident.

Je n'évalue pas à moins de 5 hectolitres par minute l'eau affluant au fond du puits.

Malgré cet épuisement qui, ajouté à celui du niveau supérieur nécessitait pour la machine une vitesse de sept coups à la minute, le creusement du puits fut assez prompt. Il fallut vingt-trois escouades de trois ouvriers ou soixante-neuf postes de six heures pour obtenir l'approfondissement d'un mètre.

Le travail était marchandé à 150 francs le mètre courant de puits : les journées se montèrent à 2f,19 par six heures.

Plus tard, la pompe ayant atteint la longueur de 30 mètres et la charge sur les joints devenant considérable quand les coups de mine rejetaient la pompe et lui faisaient perdre sa verticalité, je jugeai prudent de monter une pompe auxiliaire qui fut placée dans le compartiment *p'* des tonnes (*fig.* 10), et dans la bâche de laquelle venait se déverser la pompe du fond.

Cette disposition fut prise afin de se réserver la place du troisième piston refoulant, système bien préférable aux pompes élévatoires, à cause de nos sables et de nos eaux corrosives.

On continua le creusement comme précédemment, mais attendu qu'on avait alors deux pistons à changer, le travail fut plus lent. Il fallut vingt-neuf escouades de trois ouvriers ou quatre-vingt-sept postes de six heures pour obtenir l'approfondissement d'un mètre. Les ouvriers étaient payés à 200 francs le mètre, leurs journées de six heures se montèrent à 2f,29.

On plaça le piston refoulant au niveau de 170 mètres, puis on continua le creusement.

J'ai ainsi amené ce puits à la profondeur actuelle de 217 mètres.

Dans le système ordinaire de creusement, les ouvriers prenaient l'eau dans des seaux et la versaient dans la tonne.

Il en résultait l'obligation d'avoir toujours au fond du puits environ 0m.15 d'eau et après un temps d'arrêt souvent fort minime, tel par exemple que l'explosion d'une mine, la hauteur d'eau était plus considérable, les ouvriers étaient quelquefois mouillés jusqu'à la ceinture ; leur travail *utile* non-seulement se ressentait de

leur situation, mais encore n'était guère *possible* que pendant l'ascension des tonnes.

Quand l'eau devenait plus considérable, il fallait augmenter la capacité des tonnes ou la vitesse de la machine, quelquefois les deux ensemble, et alors à quels dangers n'étaient pas exposés de pauvres ouvriers réunis dans un espace rétréci, sans abri et sous des tonnes lancées à grande vitesse?

La profondeur d'ailleurs démontre l'insuffisance de ce procédé non moins dispendieux pour le maître que nuisible à l'ouvrier.

Frappé de ces considérations pratiques, j'essayai, il y a onze ans, une pompe aspirante fixe avec aspiration-fourreau s'allongeant par le bas, analogue à celle dont il est question dans les *Annales des mines*.

J'en fus peu satisfait. C'est alors que l'idée d'une pompe reposant directement sur le sol du puits me fut communiquée; je la jugeai féconde et j'en fis la première application sur une pompe de $0^m,15$ de diamètre.

Plus tard, j'en employai de $0^m,25$ et même de $0^m,32$, et le succès fut constant; je n'hésite donc pas à déclarer que ce système m'a paru extrêmement précieux dans les circonstances où je me suis trouvé. Il est applicable à toute profondeur.

Il diminue les dangers du métier, ménage la santé de l'ouvrier et procure enfin un bien plus grand effet utile de son travail.

Il contribuera, j'ose le croire, à améliorer la situation des mines de l'Ouest, et quoiqu'il ne soit pas de mon invention, mais seulement imité du Cornwall, je me suis décidé à en faire la description dans la pensée d'être utile à mes collègues.

NOTE

SUR UNE MACHINE A VISITER LES FUSÉES DES ESSIEUX ET A CHANGER LES ROUES DES LOCOMOTIVES.

Par M. LARPENT, chef de la traction au chemin de fer de l'Ouest.

Dans l'entretien courant des pièces qui composent une locomotive, celles qui nécessitent le plus d'efforts pour visiter certaines parties ou pour les changer entièrement, sont sans contredit les roues montées sur leurs essieux.

Jusqu'à présent, les moyens les plus généralement connus pour sortir les roues de dessous les machines, consistaient à soulever entièrement ou successivement l'avant et l'arrière de la machine, jusqu'à ce que les plaques de garde eussent échappé les tourillons des essieux, et alors on retirait les roues devenues libres.

On comprend déjà que cette manœuvre du levage des machines devait nécessiter des appareils très-puissants et par suite très-dispendieux de premier établissement. Les grues sont à peu près les seules machines dont on se soit servi jusqu'à présent dans les ateliers de chemins de fer, pour enlever les locomotives de dessus leurs essieux; elles sont de deux espèces : celles à poste fixe, employées spécialement dans les dépôts importants où on fait quelques réparations, et les autres, dites grues roulantes, qui sont préférées dans les ateliers de montage.

Sur les lignes de peu d'importance, astreintes par suite à beaucoup d'écocomie, on se sert encore, pour soulever les locomotives dont on veut enlever les roues, de crics et de vérins. Mais si la dépense d'acquisition de ces outils est minime, il n'en est pas de même de leur entretien, qui est assez considérable.

L'opération du changement des roues d'une locomotive au moyen de crics ou de vérins, est toujours fort dispendieuse à cause du temps et des nombreux ouvriers nécessaires pour manœuvrer les outils.

L'emploi de ces derniers appareils, est souvent dangereux pour les ouvriers qui s'en servent. Les nombreux accidents survenus dans le levage des locomotives avec des crics, suffiraient seuls pour faire renoncer à leur emploi dans cette opération.

Du reste, l'anomalie qui entraînait à soulever un poids de 20 tonnes, pour isoler une roue de 2.500 kil. au maximum, était sentie de tout le monde; aussi ne nous attribuons-nous pas le mérite d'avoir le premier imaginé un appareil pouvant changer les roues d'une machine sans la soulever (1). Mais les appareils existants sur quelques chemins de fer, entre autres ceux de Saint-Germain, Sceaux, Strasbourg, etc., nous ont semblé encore incomplets et susceptibles d'améliorations, surtout en ce qui concerne la manœuvre, qui est longue et pénible, et qui exige toujours un grand nombre de bras.

Dans la machine que nous avons établie au chemin de fer de l'Ouest, à proximité du dépôt des locomotives, pour pouvoir changer les roues, nous avons cherché deux choses : la première, c'était de construire un outil simple, pouvant, avec le plus petit nombre d'ouvriers et avec le moins de temps possible, remplacer les roues d'une locomotive; la seconde consistait à réduire autant que possible la dépense première de l'appareil.

Nous croyons avoir rempli notre programme, puisqu'en moins de deux heures nous sommes arrivés à remplacer les trois paires de roues de nos machines.

Quant à la dépense, elle n'est que le tiers de celle

---

(1) *Voir* la note ci-après.

des grues qu'on emploie dans les chemins de fer pour faire le même travail.

L'appareil est placé dans une fosse perpendiculaire à deux voies en communication avec le dépôt des machines; elle a 7m,50 de longueur 2m,320 de largeur et 1m,60 de profondeur. Description de l'appareil.

Il se compose (Pl. III, *fig.* 16, 17, 18) d'un bâti en fonte A, formé de deux longerons et de quatre traverses, fondu d'une seule pièce, monté sur deux essieux B garnis de roues à rebord, servant à mouvoir l'appareil sur une voie placée au fond de la fosse, et perpendiculaire aux voies supérieures.

Sur le bâti, se trouvent fixées quatre colonnes en fonte C, formées chacune de deux flasques à angle droit; chaque colonne porte sur l'une de ses faces une rainure verticale dans toute sa hauteur, qui sert à guider une crémaillère.

Sur chacune des traverses extrêmes, ainsi que sur celle du milieu, existent six paliers venus de fonte avec le bâti, et destinés à recevoir deux arbres en fer D, sur lesquels sont calés quatre pignons également en fer, qui engrènent avec quatre crémaillères de même métal.

Les crémaillères E supportent deux rails mobiles F. Elles glissent verticalement dans les rainures pratiquées sur l'une des faces des colonnes en fonte, et sont reliées deux à deux par les entretoises G, qui supportent elles-mêmes un pont en bois qui suit le mouvement des crémaillères, et sur lequel se place l'ouvrier qui dirige les boîtes à graisses dans les glissières de la locomotive.

Le mouvement ascendant ou descendant des rails mobiles ajustés en haut des crémaillères, est donné au moyen d'une manivelle H fixée à l'extrémité d'un arbre horizontal, muni d'une roue à rochet, sur laquelle s'abat

un cliquet pour mettre l'appareil au repos : ce même arbre porte un pignon dont le rayon est dans le rapport de 1 : 6,50 avec celui de la manivelle et qui engrène avec une roue calée sur un arbre intermédiaire qui porte lui-même un pignon dont le rayon est dans le rapport de 1 : 2,50 avec celui de la roue précédente ; ce pignon engrène avec une roue fixée sur un arbre séparé, laquelle roue communique le mouvement en sens inverse en engrenant avec une autre roue de même diamètre et montée également sur un arbre séparé. Chacun de ces deux arbres porte un pignon dont le rayon est dans le rapport de 1 : 4 avec celui de chacune des roues de même diamètre qui engrène avec une grande roue montée sur l'arbre D sur lequel sont assujettis les pignons en fer qui engrènent avec les crémaillères, et dont les rayons sont dans le rapport de 1 : 4,45 avec ceux des grandes roues. En multipliant ces rapports l'un par l'autre, on trouve que la force appliquée à la manivelle est multipliée par 291 au point de contact des dents des pignons qui engrènent avec les crémaillères.

Le mouvement horizontal de l'appareil s'effectue au moyen d'un levier I mobile sur l'essieu B, et à cliquet, qui appuie sur les dents d'une roue à rochet J, calée sur le même essieu.

Lorsque la machine est amenée sur l'appareil, il ne fallait pas que celui-ci supportât tout le poids de la locomotive, de peur de fatiguer trop longtemps les dents des engrenages. Pour cela on a fait porter les rails mobiles sur de fortes clavettes L en fer qui traversent de solides supports en fonte M, posés et scellés sur des piliers en pierre de taille. Ces supports reçoivent d'un bout les rails fixes des voies ordinaires, tandis que du côté de la fosse, ils servent de guides et en même temps de supports aux rails mobiles de l'appareil.

Lorsqu'une locomotive a besoin de changer ses roues, on commence par démonter les différentes pièces du mouvement et de la distribution attenantes aux essieux. On amène ensuite la locomotive sur les rails de l'appareil qui doivent toujours porter sur les clavettes quand la machine ne fonctionne pas. La roue à descendre étant ainsi arrivée à peu près au milieu du rail, on fait effort à la manivelle pour sortir les clavettes qui supportent les rails. Puis on descend doucement la roue jusqu'à ce que le boudin de la partie supérieure ait échappé la plaque de garde. Au moyen du levier à encliquetage, on fait rouler tout le système jusqu'à ce qu'on soit en face de la voie parallèle. Alors on remonte la roue jusqu'au niveau de la voie, et on la pousse aux ateliers. Manœuvre de la machine.

Pour remettre une roue en place sous la locomotive, on commence par monter les boîtes à graisse après les fusées des essieux, et on recommence en sens inverse la manœuvre précédente.

Note sur un appareil analogue établi dans les ateliers de Stettin (Poméranie).

Le principe appliqué par M. Larpent l'a déjà été sous des formes diverses et quelquefois très-peu différentes de celle qu'il a adoptée. Tel est, par exemple, l'appareil qui fonctionne depuis trois ou quatre ans dans l'atelier de réparation de la gare de Stettin (chemin de Stettin à Posen) : il est représenté par les *fig.* 19, 20 21.

Deux longerons en bois A, A, suspendus aux fusées extérieures du chariot, supportent : 1° vers leurs extrémités, quatre coulisses verticales en fonte B, B, pourvues de larges semelles, solidement entretoisées deux à deux, et destinées à guider les deux rails mobiles pendant leur mouvement ; 2° au milieu, une forte traverse I dont le centre reçoit une douille J, qui livre passage à une grosse vis en fer à filet quarré K. Pendant le mouvement, c'est

cette vis qui supporte toute la charge, voie mobile et paire de roues. Les deux rails L, L, (dont chacun est formé de deux bouts de rails américains appliqués base à base et assemblés par deux rangs de rivets) sont suspendus à la tête de la vis au moyen des tirants P, P, R, R, et rattachés à son extrémité inférieure par les plates-bandes Q, Q, et les tringles *v*, *v*; les deux entretoises T, T, empêchent la flexion de cette armature, et par suite la tendance des rails à se rapprocher sous la charge et à s'appliquer contre les parois intérieures des guides.

Un gros écrou tournant, M, s'appuie par une nervure circulaire sur le collet bien dressé de la douille J : il est denté sur son contour extérieur, et engrène avec les deux pignons verticaux N, N calés sur les arbres à manivelles O, O. Pendant la mise en place de la locomotive, les rails mobiles sont clavetés aux deux bouts comme dans l'appareil précédent. Tel est l'objet des appendices H,H (*fig.* 20).

Comme transmission de mouvement, le second appareil est plus simple que le premier, qui entraîne une assez grande complication d'engrenages. Mais celui-ci a pour lui une disposition plus simple des armatures, plus de solidité, et une stabilité complète, qui manque à l'autre. Avec un seul support central, il est indispensable d'amener exactement à l'aplomb de la vis, l'axe de l'essieu à abaisser, condition qui disparaît avec les quatre points d'appui. L'appareil allemand exige d'ailleurs absolument la mise en place des clavettes d'about, avant les déplacements de la machine, tandis que l'oubli de cette précaution n'aurait pas d'inconvénient grave dans l'appareil du chemin de l'Ouest. Par contre, il est vrai, la vis présente par elle-même, contre tout mouvement involontaire, des garanties que l'encliquetage est loin d'offrir au même degré.

La première disposition paraît, tout compte fait, préférable à la seconde, qui a du reste le mérite de la priorité.

C. COUCHE.

MÉMOIRE

SUR LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE

DES

ZIBÂN ET DE L'OUAD R'IR

AU POINT DE VUE DES EAUX ARTÉSIENNES DE CETTE PORTION DU SAHARA,

Par M. DUBOCQ, ingénieur des mines, chef du service
dans la province de Constantine.

Chaîne de l'Aouress.

La chaîne des monts Aouress, qui limite vers le sud la partie moyenne de la province de Constantine, dessine par une série de crêtes élevées èt ardues, dont l'altitude atteint jusqu'à 2.312 mètres au-dessus du niveau de la mer (Djebel Chelliah), la ligne de partage entre les eaux qui vont porter leur tribut aux bassins fermés des lacs de la région des hauts plateaux qui constitue, entre Tebessa et Sétif, la zone méridionale du Tell, et les cours d'eau qui, descendant des versants sud, vont se réunir, après avoir traversé la plaine des Zibân, dans le vaste marais de Melr'ir.

Cette chaîne, qui comprend dans sa partie centrale des grès à grains fins et des calcaires, est composée, dans la région que traverse la route de Constantine à Biskra, d'assises alternantes de marnes, d'argiles et de calcaires. Les marnes et les argiles sont sèches, de couleur grise ou ocreuse, et forment des assises peu nombreuses intercalées dans les calcaires. Ces derniers présentent le plus souvent une structure compacte à cassure grasse ou conchoïde, avec un grain variable;

ils passent quelquefois à une structure subsaccharoïde, et offrent l'apparence des marbres communs. Leur couleur varie du blanc sale au gris foncé, et les nuances gris de lin ou gris rosé dominent dans les étages supérieurs.

En raison de leur dureté et de leur nature résistante, ces assises calcaires ont fidèlement conservé les traces des divers phénomènes géologiques qui ont donné au sol son relief actuel ; elles présentent dans toute l'étendue des monts Aouress une série de soulèvements et de plissements d'une netteté remarquable, qui permettent de suivre assez facilement les divers horizons géologiques que renferme cette chaîne de montagnes, malgré les nombreuses dislocations et tous les accidents stratigraphiques que l'on rencontre. La direction générale de ces soulèvements varie dans des limites peu étendues ; elle court en moyenne du N. 70° E. au S. 70° O., et peut ainsi être sensiblement rapportée au système des Alpes principales.

Environs de Batna. Terrain secondaire.

En quittant, après Oum el Asnam, les hauts plateaux qui atteignent à cet endroit une altitude de près de 900 mètres, pour s'engager dans la vallée de l'oued Bel Khaïze, qui conduit à Batna, on rencontre des couches plongeant régulièrement vers le nord sur les deux flancs de la vallée ; elles renferment, auprès de Batna, de nombreux fossiles, notamment l'*Hemiaster Fourneli*, l'*Exogira virgula*, la *Caprina ammonia*, des pecten, des échinides, qui montrent que les terrains qui bordent la plaine dans laquelle s'élève Batna appartiennent à la formation néocomienne.

Plaine d'el K'sour.

En continuant à suivre la vallée principale jusqu'au col qui forme le point de partage des eaux entre les lacs intérieurs et le bassin du Sahara, et qui présente une hauteur de 1.192 mètres, on reconnaît les mêmes

plongements, ainsi que sur les versants qui bordent la vallée opposée par laquelle on arrive à la plaine de K'sour. L'extrémité nord de cette plaine présente aux environs du Ras el Ma un grand nombre de fossiles décrits par M. Fournel dans la *Richesse minérale de l'Algérie*, notamment l'*Arca Ligeriensis*, l'*Ammonites Syriacus*, des ptérocères, des trochus, des nérinées, des spatangues, qui appartiennent à l'étage de la craie chloritée, qui succède, au delà de Batna, à l'étage néocomien. En traversant la plaine d'el K'sour, les couches affectent une sorte de plissement horizontal, et continuent à plonger vers le nord jusqu'aux abords du col du Juif (Teniet el Ihoudi), remarquable par les bancs remplis d'Inocérames que l'on y observe. Le pendage des couches change auprès de ce col, et se dessine nettement vers le sud. Ce plongement continue à Mezab el Messaï, dans le Djebel Tilatou, le Djebel Metlili et le Djebel Gaous, où l'on trouve de si nombreux fossiles de la craie chloritée; et la rivière formée par la jonction de l'oued Mezab et Messaï et de l'oued Fedala coule entre deux murailles de strates fortement redressées, présentant sur la rive droite leurs surfaces régulières, et sur la rive gauche leurs joints de ruptures abruptes et escarpés, jusqu'à ce qu'elle se précipite en frémissant dans la profonde coupure du Djebel Gaous, pour se répandre ensuite dans la plaine d'el Kantra. Un chemin taillé en corniche sur la rive droite passe, à l'aide d'un pont romain jeté sur le précipice, et remarquablement conservé, aux escarpements plus accessibles de la rive gauche, et sert à traverser ce défilé, dans lequel les couches coupées à pic et redressées à 60° se présentent par leur tranche, en conservant sur les deux rives une correspondance abso-

El Kantra.

lue. Il débouche au-dessus des beaux jardins de dattiers d'el Kantra. Cette oasis, conquise par les irrigations sur les terrains d'alluvion des bords de la rivière, est arrosée au moyen de grossiers barrages et de canaux qui portent la végétation et la vie sur tous les espaces qu'ils parcourent dans ces régions désolées ; elle comprend quatre villages placés à la limite des jardins de dattiers. La hauteur de la maison des hôtes, établie dans le village de la rive gauche, est de 499 mètres ; sur la rive droite, les cultures étagées sur les collines adossées au Djebel Gaous, atteignent une hauteur plus élevée, et la maison du scheick, située dans la partie supérieure, est à la cote de 528 mètres.

Plaine d'el Kantra.

La plaine dont l'oasis d'el Kantra occupe le débouché, est limitée vers le sud par les assises secondaires du Djebel Essor, qui paraissent parallèles à celles de la chaîne d'El Kantra, et plongent en sens contraire vers le nord. L'intervalle est occupé par un terrain recouvert de cailloux roulés, qui se compose d'argiles rouges ou verdâtres, auxquelles les érosions ont donné en certains points, comme à Darset el Hammra (*la petite dent rouge*), l'aspect d'anciennes ruines qui sont l'objet de curieuses légendes ; de bancs de gypse, de calcaire marneux, de poudingues formés de cailloux roulés appartenants aux terrains secondaires que nous venons de traverser, et renfermant fréquemment des débris fossiles de ces mêmes terrains. Ces couches, que l'on peut observer sur les versants de la chaîne d'el Kantra, principalement à l'ouest de cette oasis, ainsi que sur les pentes qui vont se terminer au Djebel Essor, sont inclinées de 15 à 20° vers le sud dans la partie nord de la plaine, où quelques assises supérieures présentent même une pente beaucoup plus faible, et

plongent au contraire au nord dans la partie sud. Elles ont ainsi participé au redressement des terrains secondaires, et ne peuvent être considérées comme de simples alluvions anciennes, de sorte que l'on doit les rapporter, en raison des poudingues qu'elles contiennent, à l'étage tertiaire.

Cette formation tertiaire s'étend à l'ouest de la plaine d'el Kantra, et y prend plus de développement. Auprès des ruines de M'guesba, les bancs de poudingues qui plongeaient vers le nord s'infléchissent faiblement vers le sud, pour disparaître sous le plateau qui forme la rive gauche de l'oued el Kantra. Ces poudingues sont recouverts par des bancs de marnes gypseuses, de calcaire caverneux ou concrétionné d'un gris foncé, découpés par les érosions en une série de mamelons peu élevés, dont les sommets, placés sensiblement au même niveau, sont occupés le plus souvent par les calcaires.

Les eaux que fournit ce plateau, et qui sont utili- El Hammam
sées par les rares habitants d'un pauvre village établi auprès du Koudiat Kourbazet, sont chaudes ; elles ont une odeur hépatique et une saveur saline assez prononcées. L'une de ces sources, dont la température plus élevée atteint 37° centigrades, est recueillie à el Hammam dans une piscine qui remonte à la période romaine, et qui est encore assez bien conservée pour être fréquentée aujourd'hui. La source arrive dans la partie supérieure du bassin, où la température est un peu plus élevée, et la hauteur de l'eau est, aux abords de la source, de 1^{m},50.

Au sud de ce Hammam on rencontre, au milieu des marnes gypseuses, des assises disloquées de poudingues et un banc d'huîtres extrêmement puissant, formé exclusivement par des *Ostrea crassissima* caractéristiques du terrain miocène, qui nous apprennent que les

Terrain tertiaire. terrains qui succèdent, depuis el Kantra, à la craie chloritée appartiennent à l'étage tertiaire moyen. En continuant à marcher vers le sud, on traverse un ravin assez encaissé, creusé dans des marnes gypseuses verdâtres, grises, ou lie de vin, au fond duquel coule un ruisseau salé, et l'on gravit sur l'autre bord une montagne élevée dont les couches profondément disloquées sont formées de marnes irisées, comme celles que nous venons de décrire, et de masses énormes de gypse gris et de sel gemme : c'est le Djebel Rh'arribou, également appelé Djebel el Melah, ou montagne de sel. Ce minéral, ainsi que le gypse, m'ont paru y former de grands amas lenticulaires au milieu des marnes, et les modifications incessantes que l'action des eaux apporte à la structure de ces terrains essentiellement meubles et ébouleux, ne m'ont point permis de retrouver nettement les assises horizontales indiquées par M. Fournel. Cet immense amas de sel est exploité grossièrement et d'une manière superficielle par les Arabes, qui enlèvent au retour de la belle saison les blocs que les pluies d'hiver ont dégagés et rendus plus faciles à abattre, pour les vendre sur les marchés voisins du Tell et des Zibân.

Djebel Rh'arribou.

Sel gemme.

En descendant le versant sud du Djebel Rh'arribou, on retrouve des bancs de poudingue et de grès friable, qui recouvrent des assises de marnes gypso-salifères, et qui disparaissent sous un terrain de transport formé de silex noirs et de calcaires roulés, qui s'étend jusqu'à l'oued Abdi. A l'est de cette montagne, le Djebel Rhennech et le Djebel Brâniss continuent la série des terrains secondaires du Djebel Essor, et montrent par la disposition de leurs strates et par leurs pendages réguliers que la formation du Djebel Rh'arribou ne peut point être regardée comme intercalée dans ce terrain.

El Outaïa.

En se dirigeant du Hammam vers la plaine d'el Outaïa, on rencontre, après avoir traversé la rivière, des indications qui viennent à l'appui de l'assertion précédente. On observe, en effet, à la hauteur du Djebel Rh'arribou, dans le Koudiat Fellaig, les couches de calcaire compacte du terrain secondaire qui reparaissent et qui bordent la rive droite de l'oued el Kantra, ainsi que la partie nord de la plaine d'el Outaïa. Ces couches plongent régulièrement vers le sud, et présentent un peu plus à l'ouest, sur l'oued Djouzni et auprès du col de Safia, par lequel on pénètre dans le bassin du Hodna, la série des fossiles de Mzab el Messaï et du Metlili, qui accusent avec une remarquable netteté, sur une étendue de plus de 40 kilomètres, un horizon géologique que la disposition régulière des couches et des soulèvements permettait déjà de pressentir. L'inclinaison des strates varie à la limite de la plaine, entre 30 et 40° sud, et elles sont recouvertes par des bancs d'argiles rouges compactes, de poudingues et de grès, qui plongent de 15 à 16° vers le sud, et qui se rattachent au massif tertiaire du Rh'arribou.

Ce terrain disparaît, dans toute l'étendue de la plaine d'el Outaïa, sous un dépôt d'alluvions formé de nombreux cailloux roulés dans la partie supérieure de la plaine, et d'un dépôt argilo-calcaire de löss, dont aucun mouvement du sol ne vient interrompre l'uniformité entre la rivière d'el Kantra et les montagnes secondaires du Salsou qui séparent cette plaine du bassin de Mehaguen.

Plaine d'el Outaïa

La hauteur de la plaine, auprès du village d'el Outaïa, est de 257 mètres; elle est arrosée dans une portion de son étendue par des prises d'eau établies sur l'oued el Kantra, aux environs du village, et qui sont principalement utilisées pour la culture des céréales,

car le nombre des dattiers et des jardins qui environnent le village est fort restreint. Ces cultures ont pris, dans les dernières années, un grand développement, mais elles sont encore loin d'atteindre celui qu'elles devaient présenter sous la domination romaine, si l'on en juge par les restes d'un aqueduc placé auprès du gué qui traverse la route d'el Kantra, qui faisait arriver les eaux dans les parties supérieures de cette vaste plaine, et par les ruines assez considérables que l'on observe sur les deux bords de la rivière, entre el Kantra et el Outaïa.

Djebel Sfah. Un rideau de montagnes secondaires limite entièrement vers le sud la plaine d'El Outaïa, et s'étend jusqu'au bord de la rivière. Les couches de calcaires compactes blancs ou rosés dont la chaîne est composée plongent ici vers le nord; on la traverse au col de Sfah par lequel on a établi depuis l'occupation française un passage accessible aux bêtes de somme et aux cavaliers, d'où l'œil découvre pour la première fois l'immense plaine du Sahara qui se poursuit jusqu'aux dernières limites de l'horizon avec ses teintes blanchâtres et monotones dont les vertes oasis des Zibân viennent seules interrompre l'aspect uniforme et saisissant.

En descendant vers Biskra, on retombe dans une série de collines de hauteur peu variable formées de marnes blanches, d'argiles gypseuses, de grès calcaires faiblement agrégés, de calcaires caverneux très-compactes qui recouvrent, dans la région ouest, la plupart des buttes, et de poudingues développés principalement aux abords de la rivière, où ils occupent les pentes sud et les parties supérieures des mamelons, notamment de celui qui renferme les ruines de l'ancien fort Turc, que les beys de Constantine avaient établi en avant de Biskra. Les dépressions produites

dans ce terrain par l'action des eaux sont occupées par un grand nombre de cailloux roulés de calcaires compactes, de silex noirs, qui rendent la marche très difficile et qu'aucune végétation ne vient recouvrir. Les eaux qui s'y rassemblent à la suite des pluies sont fortement salées, et un petit cours d'eau qui déverse à l'ouest de Biskra une portion d'entre elles porte pour ce motif le nom d'oued el Melah ou de ruisseau salé. On y trouve encore, pour compléter l'analogie avec le plateau d'el Hammam que nous avons décrit entre el Kantra et el Outaïa, des sources thermales sulfureuses; l'une d'elles, qui est entourée d'une sorte de bassin naturel, marque 46° centigrades et présente une forte odeur hépatique. Elle est très-fréquentée par les indigènes, ainsi que par la garnison de Biskra.

Avant d'arriver à cette oasis, on rencontre encore quelques monticules isolés et régulièrement alignés de calcaire secondaire, dont les couches plongent de 78 à 45° vers le sud. Le nouveau fort Saint-Germain est établi sur l'une de ces buttes qui a été dérasée pour les constructions et dont on ne retrouve aujourd'hui les traces que dans le fossé du fort. La coupe n° 1 reproduit cette disposition des couches, ainsi que l'ensemble des terrains compris entre el Kantra et Biskra que nous venons de décrire.

L'oasis de Biskra, chef-lieu du cercle des Zibân, s'élève sur la rive droite de l'oued el Kantra, qui a pris, à partir de sa jonction avec l'oued Abdi, le nom d'oued Biskra. Remarquable par la richesse de sa végétation, par l'étendue de ses cultures, qui comprennent, indépendamment des céréales, des légumineuses, des oliviers et des arbres fruitiers, 120.000 palmiers productifs, cette oasis renferme, en dehors de notre établissement militaire autour duquel se sont grou- Biskra

pées quelques habitations européennes, sept villages disséminés dans son périmètre depuis que les beys de Constantine ont détruit la ville principale, sur l'emplacement de laquelle est construite la Kasbah. Les maisons y sont bâties avec des briques de terre séchée au soleil; la terre que l'on emploie pour cet objet n'est autre que la terre végétale de l'oasis; c'est un dépôt de lõss argilo-calcaire dû aux alluvions anciennes de l'oued Biskra qui s'étendent à une distance assez considérable à droite et à gauche de la rivière. Un échantillon de cette terre pris dans le jardin militaire a donné à l'analyse la composition suivante :

Silice	28,02
Alumine / Phosphate de chaux	8,19 (1)
Peroxyde de fer	9,78
Carbonate de chaux	18,61
Sulfate de chaux	5,55
Chlorure de magnésium	1,60
Chlorures alcalins	1,27
Eau, humine et débris organiques	26,98
	100,00

L'eau nécessaire aux besoins des cultures et de la population est exclusivement fournie, si l'on en excepte un puits d'eau saumâtre que l'on a creusé dans la cour de l'ancienne Kasbah depuis l'occupation, par une dérivation de l'oued Biskra. Les eaux, recueillies au moyen d'un épi à l'amont du fort Saint-Germain, passent le long de la face ouest de ce fort, où un barrage

(1) L'acide phosphorique a été recherché dans les terres végétales, par la méthode de M. Berthier, mais on a reconnu qu'il était mélangé d'une forte proportion d'alumine provenant de la décomposition partielle des argiles par les acides, et on a été conduit ainsi à grouper dans cette analyse et dans toutes les suivantes, le phosphate de chaux avec l'argile, à laquelle on a également imputé la portion de silice qui s'était dissoute dans l'attaque par l'acide chlorhydrique.

mobile et un canal secondaire permettent de les détourner au besoin et de priver d'eau l'oasis. Elles se distribuent ensuite au moyen de nombreuses ramifications dans toute l'étendue des jardins de Biskra et de Kourra, qui n'est, à proprement parler, qu'une annexe de la première oasis. Plusieurs moulins à blé sont établis sur le principal canal de distribution, qui présente un débit et une pente assez considérables. L'eau en est lourde, d'une saveur saline très-prononcée, surtout dans la saison des chaleurs; sa densité est de 1.0009 à 9°,5.

L'analyse d'un échantillon pris dans le courant du mois d'avril sur l'un des canaux a conduit à la composition suivante :

Chlorure de sodium.	0,878
Chlorure de magnésium.	0,474
Sulfate de soude.	0,280
Sulfate de chaux.	0,448
Carbonate de chaux.	0,156
Eau et matières organiques. . .	997,764
	1.000,000

Un forage artésien que M. Fournel a fait entreprendre auprès de la Kasbah a été poussé, au milieu des plus grandes difficultés et en dix-huit mois de travail, à 81^{m},65 sans fournir de résultat; ce sondage a traversé les couches suivantes : Forage de Biskra

	Épaisseur des couches.	Profondeur traversée.
Terre végétale. . . .	7,40	7,40
Poudingue.	0,40	7,80
Sable jaune.	0,90	8,70
Poudingue.	4,20	12,90
Argile rougeâtre. . .	1,05	13,95
Poudingue.	8 95	22,90
Calcaire jaune. . . .	0,70	23,60
Sable argileux. . . .	3,60	27,20
Calcaire jaune. . . .	2,80	30,00
Argile zébrée.	4,00	34,00
A reporter. . .	34,00	

	Épaisseur des couches.	Profondeur traversée.
Report. . .	34,00	
Calcaire jaune. . . .	1,00	35,00
Argile zébrée.	6,90	41,90
Poudingue.	5,00	46,90
Argile jaune.	2,10	49,00
Poudingue.	11,35	60,35
Argile zébrée. . . .	3,50	63,85
Poudingue.	0,45	64,30
Argile.	0,50	64,80
Poudingue.	0,50	65,30
Argile.	0,65	65,95
Poudingue.	4,95	70,90
Argile tendre. . . .	1,65	72,55
Marne et gypse. . . .	0,60	73,15
Argile jaune.	1,00	74,15
Calcaire blanc. . . .	4,00	78,15
Argile jaune.	0,40	78,55
Calcaire blanc. . . .	3,10	81,65
	81,65	

Les échantillons des divers terrains traversés par la sonde présentent tous une grande analogie; les bancs argileux sont formés d'une argile grasse, très-liante, de couleur jaune ou blanche, à l'exception des bancs supérieurs, où la tarière a ramené des échantillons rubanés d'argiles jaunes, de marnes blanches et de gypses terreux. Les poudingues comprennent des cailloux roulés de calcaire blanc, rosé ou jaunâtre, à structure très-compacte et à cassure grenue légèrement saccharoïde, de calcaires gris à cassure grasse et conchoïde; de grès calcaire verdâtre et de silex, qui se rapportent tous aux couches de la formation crétacée du bassin de l'oued Biskra. Le diamètre de ces cailloux roulés varie depuis les plus forts échantillons qui ont pu échapper à l'action des outils percuteurs jusqu'au sable fin, et les nombreux fragments à cassure fraîche que la vidange du trou de sonde a ramenés au jour à certains niveaux indiquent que leur dimension est sou-

vent plus considérable : c'est ainsi que dans le creusement du puits de service de la sonde on a retiré d'énormes cailloux, et l'on ne peut regarder les bancs de calcaire mentionnés dans le journal du forage que comme de gros blocs charriés et déposés par les eaux dans les mêmes conditions que les argiles et les poudingues, alors que le courant alluvien de l'oued Biskra présentait une période d'activité différente. La présence de blocs d'aussi grandes dimensions n'a d'ailleurs rien d'anormal dans les alluvions anciennes d'un cours d'eau dont le bassin a près de 4.000 kilomètres carrés de superficie et offre sur toute cette étendue de fréquents accidents de pentes abruptes et de brusques dislocations.

En comparant l'ensemble des bancs traversés par le forage aux terrains environnants, on ne peut les rapporter qu'aux alluvions anciennes de l'oued Biskra, si l'on en excepte les derniers bancs de calcaire qui n'ont point été traversés, et l'absence de données sur la profondeur de ce terrain alluvien, jointe aux difficultés incessantes qu'il présentait pour le forage, ont fait abandonner les travaux au mois de juin 1848.

La hauteur moyenne du baromètre est à Biskra de 755^{mm},62, d'après une série d'observations journalières que m'a communiqué M. le docteur Massip et qui embrasse toute l'année 1846, la température moyenne de cette année a été de 23°,67. La comparaison de ces moyennes aux observations correspondantes de Constantine donne 111 mètres pour la hauteur de Biskra au-dessus du niveau de la mer. (*Voir la note sur les observations barométriques.*) Hauteur de Biskra.

D'après les observations pluviométriques dont j'ai eu connaissance, la quantité de pluie qui tombe à Biskra dans une période annuelle ne serait que de 174 millimètres, répartis comme suit :

1846. —	Septembre	0,022
	Octobre	0,002
	Novembre	0,043
	Décembre	0,009
1847. —	Janvier	0,006
	Février	»
	Mars	0,047
	Avril	0,006
	Mai	»
	Juin	0,025
	Juillet	»
	Août	0,014
		0,174

Mais ce chiffre ne peut être regardé comme une moyenne, car dans les trois premiers mois de 1848, il est tombé 92 millimètres d'eau; savoir :

En Janvier	0,031
Février	0,033
Mars	0,028
	0,092

soit plus de la moitié de la quantité annuelle mentionnée plus haut, et l'on devra attendre le résultat de nouvelles observations pour déterminer la moyenne annuelle de la quantité d'eau qui tombe à la lisière du Sahara. On peut admettre, toutefois, dès à présent, que cette proportion est très-faible, ainsi que l'affirme le témoignage unanime des indigènes.

Alluvions anciennes.

Le terrain d'alluvion de l'oued Biskra se continue au sud de l'oasis sur les deux bords de la rivière, jusqu'à son confluent avec l'oued Djedi qui a lieu à 20 kilomètres environ de Biskra. Les nombreux cailloux roulés qui encombrent le lit de cette rivière et sous lesquels s'infiltre une partie de ses eaux, ne tardent pas à disparaître; et sont remplacés avant d'arriver à un village ruiné que l'on trouve à peu près à mi-chemin, par des terrains argileux dans lesquels l'oued Biskra poursuit son cours. L'escarpement des berges

diminue, et les eaux recouvrent souvent la plaine qui se trouve aux abords d'el Mlaga ou du confluent, auquel l'oued Djedi n'arrive qu'après s'être partagé en plusieurs bras qui sillonnent un pays bas et marécageux où croissent de nombreux tamarisques. La hauteur de cette plaine basse, appelée Bled Sâada, est de 35 mètres au-dessus du niveau de la mer; elle n'est fréquentée que par quelques nomades. La région qui avoisine les bois marécageux d'el Mlaga pourrait cependant recevoir des cultures, si l'on y faisait arriver au moyen d'un barrage, facile à établir, les eaux de la rivière; le lœss présente, en effet, en ce point les proportions suivantes :

Oued Djedi.

Sable siliceux.	25,36
Argile. Phosphate de chaux.	13,10
Peroxyde de fer.	7,65
Carbonate de chaux.	43,58
Chlorure de sodium.	1,59
Eau, humine et débris organiques.	8,72
	100,00

et rentre ainsi dans la composition moyenne des terres végétales des sols légers. Au delà de Sâada, l'oued Djedi poursuit son cours dans une série de pays bas et marécageux, du milieu desquels émergent quelques buttes recouvertes de pauvres cultures et arrive ainsi jusqu'au chott Melr'ir, dans lequel il se perd.

Ouest de Biskra. Terrain secondaire.

Revenons aux terrains secondaires de la lisière du Sahara. On a vu plus haut que ces terrains, recouverts à partir du col de Sfah par les collines tertiaires de Dahla Bezess, ne reparaissaient qu'auprès de l'oasis de Biskra sous la forme de petites buttes isolées régulièrement stratifiées et alignées qui plongeaient de 45 à 78° vers le nord.

Ces monticules se relient à l'ouest de Biskra avec la

chaîne qui borde la plaine d'el Outaïa, et l'on peut suivre sur la rive droite de l'oued el Melah, la disposition des couches et leur raccordement qui est reproduit dans la coupe n° 4.

Plus à l'ouest les couches continuent à présenter, sur une longueur de 12 kilomètres environ, un plongement régulier vers le nord; jusqu'à un petit mamelon appelé Koudiat el Roumi (*colline du Chrétien*) et forment ainsi une chaîne continue de 250 à 300 mètres de hauteur. En ce point la ligne d'inflexion des couches vient se dessiner sur la lisière du Sahara; elle présente, suivant les ondulations du soulèvement et suivant les accidents de relief de la chaîne elle-même, dans toute l'étendue du Djebel Matraf, jusqu'aux montagnes qui sont à la hauteur de Bou Chagroun, une série de plongements dirigés tantôt vers le nord, tantôt vers le sud. Aux environs de ce village, les couches plongent nettement au sud, à partir de la colline sur laquelle est élevé le marabout de Sidi Hammresi, et cette inclinaison sud se poursuit avec une grande régularité jusqu'à l'ouest de Tolga.

Lichâna. Le chemin qui relie le groupe d'oasis du Zab Dahari (*Zibân du nord*) à la plaine d'el Outaïa traverse ce massif montagneux au nord de Lichâna et de Zaatcha et permet d'en étudier les dispositions. On rencontre d'abord deux mamelons isolés, entre lesquels passe le chemin, et dont les sommets ont été exploités par les Romains sur une vaste échelle, pour les constructions dont on observe encore les ruines à Lichâna, à Tolga, ainsi que dans les oasis d'Ourlal et de Mlili; le pourtour de ces collines est complétement enlevé aux environs du sommet. On retrouve encore dans leurs flancs taillés à pic les témoins des colonnes et des pierres d'appareil que l'on a extraites, et le dérasement des

flancs de ces monticules leur a fait donner par les indigènes le nom d'el Meïda, ou *la table*. La masse exploitée comprend plusieurs bancs de calcaire blanc compacte, dont l'un est une véritable lumachelle dans laquelle on distingue, au milieu d'un grand nombre de fossiles indéterminables, des Natices, des Lucines, des Pholadomies et des Orbitulites : ces derniers fossiles qui se trouvent dans la craie de Maestricht, montrent que les couches qui bordent la lisière du Sahara appartiennent à l'étage de la craie blanche, qui recouvre les assises de la craie chloritée d'el Kantra et de Mezab el Messaï. Ces couches calcaires plongent de 13° au sud; le coteau suivant présente le même pendage, et cette inclinaison se poursuit jusqu'au commencement de la chaîne principale. Bientôt les strates s'infléchissent vers le nord, et après avoir présenté deux faibles plissements se redressent plus brusquement au nord, en plongeant vers le sud au col de Foum Khemizan. Cette disposition, qui est indiquée dans la coupe n° 5, forme ainsi une exception au pendage général de la chaîne qui borne au sud la plaine d'el Outaïa, mais on retrouve plus loin, au niveau du sol, les couches plongeant au nord, dont la partie supérieure a dû être disloquée, lors du soulèvement, et enlevée par les eaux de manière à donner naissance par sa rupture au col déprimé de Foum Khemizan.

Le terrain d'alluvion qui succède, aux abords de Biskra, à la formation secondaire ne s'étend qu'à une petite distance à l'ouest de l'oasis, et la surface du Sahara présente déjà, à la hauteur de l'oued Melah, des roches blanches de gypse terreux assez friable, recouvert à la surface du sol d'une croûte solide, et de petites dunes de sable orientées le plus souvent du sud-ouest au nord-est le long des obstacles sur lesquels Terrain tertiaire.

elles s'appuient et qui semblent indiquer que les vents d'ouest et de nord-ouest dominent dans cete région du Sahara. Le relief du sol qui présente une pente très-sensible du nord au sud s'abaisse d'abord dans la direction de l'ouest, en partant de Biskra, jusqu'auprès d'une source abondante qui est dirigée par un canal à ciel ouvert sur l'oasis d'Oumach qu'elle alimente. L'eau paraît arriver du pied des montagnes au fond d'une excavation de près de deux mètres, occupée à la partie supérieure par des marnes gypseuses, et dans la zone aquifère par un sable siliceux très-fin, qui constitue la nappe perméable dans laquelle les eaux se rassemblent; cette disposition fait admettre par les indigènes que les eaux proviennent d'une conduite romaine aujourd'hui oblitérée, et la sonorité du sol compacte que l'on foule entre la source et la montagne est citée à l'appui de cette opinion à laquelle l'examen des lieux ne permet point de s'arrêter. La hauteur de la source d'Oumach est de 98 mètres et celle de l'oasis qu'elle alimente, après un parcours de 8 kilomètres environ, de 95. Recueillie à la source, l'eau qui a une densité de 1.0029 à 9°, a donné la composition suivante :

Aïn Oumach.

Chlorure de sodium	0,546
Chlorure de magnésium	0,124
Sulfate de magnésie	1,083
Sulfate de chaux	0,980
Carbonate de chaux	0,259
Eau et matières organiques	997,008
	1.000,000

Oumach.

Arrivée à l'oasis d'Oumach, elle dégage une forte odeur hépatique, que l'on doit attribuer à la décomposition des sulfates terreux par les matières organiques dans le parcours du canal d'amenée, qui n'est point entretenu; sa saveur est en même temps fort désa-

gréable, de l'aveu même des Arabes. Elle sert, cependant, aux besoins domestiques de la population d'Oumach, aussi bien qu'aux irrigations des jardins de cette oasis, dont le sol a été trouvé formé de :

Sable siliceux	23,14
Argile Phosphate de chaux	26,30
Peroxyde de fer	7,22
Carbonate de chaux	20,23
Sulfate de chaux	1,55
Sulfate de magnésie	3,32
Sulfate de potasse	1,09
Chlorures alcalins	0,51
Eau, humine et débris organiques	16,64
	100,00

Cette terre rentre dans la classe des terres limoneuses habituelles et montre que les alluvions anciennes de l'oued Biskra se sont notablement étendues dans la partie inférieure de son cours, puisqu'elles atteignent l'oasis d'Oumach, qui est distante de 14 kilomètres environ du lit actuel de la rivière.

En se dirigeant d'Aïn Oumach vers les oasis du Zab Dahari, on traverse de faibles ondulations de terrain qui bornent souvent l'horizon d'une manière absolue et l'on arrive, sans quitter la formation marno-gypseuse, Aïn Mlili. à la source de Mlili qui forme par son abondance un véritable cours d'eau, fortement encaissé auprès de la source, dont les berges sont composées d'une assise de roches gypseuses et d'un sable fin au milieu duquel sourd l'Aïn Mlili qui va alimenter au bord de l'oued Djedi un groupe d'oasis.

Un échantillon de ce sable a donné à l'analyse :

Sable siliceux	88,70
Carbonate de chaux	8,45
Sulfate de chaux	0,85
Eau	2,00
	100,000

La roche gypseuse qui le recouvre est composée de

Sulfate de chaux	60,22
Carbonate de chaux	4,95
Argile	18,83
Eau	16,00
	100,00

C'est comme on le voit, un plâtre très-impur; et cette roche se poursuit sans interruption au delà des oasis de Bou Chagroun et du Zab Dahari, où elle est employée comme moellon aux constructions des maisons et des clôtures des jardins. Le mortier que l'on emploie pour relier ces pierres n'est autre que ce gypse cuit à l'aide de brins de palmiers et délayé dans l'eau, ou, plus souvent, de la terre mélangée d'eau.

Zab Dahari. Le groupe d'oasis du Zab Dahari, qui comprend les villages de Tolga, Lichâna, Bou Chagroun, Zaatcha et Farfar, qui sont reliés par une suite à peine interrompue de jardins de dattiers, est pourvu de sources aussi nombreuses qu'abondantes qui jaillissent au pied des collines secondaires de la lisière du Sahara. Ces sources, auprès desquelles les Arabes ont élevé des marabouts, sortent, comme Aïn Mlili et Aïn Oumach, d'une couche de sable recouverte par un banc de gypse. Elles servent aux besoins locaux, et leur trop plein se réunit au-dessous du groupe d'oasis qu'elles traversent, en deux petits cours d'eau, l'oued Kelbi et l'oued Kradidja qui vont alimenter dans le sud les oasis d'Ourlal et de Mlili. Les palmiers placés aux environs des sources, comme ceux de Lichâna, de Zaatcha et de Farfar, n'ont pas besoin d'être arrosés; on se borne à creuser le sol jusqu'à la nappe de sable aquifère, et l'on y plante les arbres qui conservent ainsi à leur pied une fraîcheur suffisante pour présenter la plus riche végétation. Ces eaux qui ont formé de si grands

obstacles aux travaux de tranchée ouverts devant Zaatcha dans le siége de 1849, sont ainsi une source de richesse et de prospérité permanente pour le groupe d'oasis du Zab Dahari. Elles sont lourdes, difficiles à digérer, saumâtres quand elles ont séjourné quelque temps à l'air : l'eau d'une source qui jaillit au milieu de l'oasis de Tolga, d'une densité de 1.0026 à la température de 13° 5, a donné à l'analyse les proportions suivantes :

Chlorure de sodium.	0,325
Sulfate de soude.	0,752
Sulfate de magnésie.	0,376
Sulfate de chaux.	0,424
Carbonate de chaux.	0,578
Eau et matières organiqnes. . .	997,545
	1.000,000

La terre végétale des jardins, au milieu de laquelle croissent les palmiers est composée de :

Sable siliceux.	9,01
Argile. . . . . Phosphate de chaux.	7,43
Peroxyde de fer.	1,37
Carbonate de chaux.	9,61
Sulfate de chaux.	48,16
Chlorures alcalins.	0,78
Eau, humine et débris organiques.	23,64
	100,00

Si l'on fait abstraction de l'eau et des matières organiques, cette terre végétale renferme 63 p. 100 de sulfate de chaux, et cependant la fertilité de ce groupe d'oasis est considérable. Les dattes de Tolga et de Lichâna sont renommées entre toutes celles que produisent les Zibân, pour leur beauté et leur qualité. Ces propriétés sont-elles dues à la nature du sol végétal, à l'humidité qui entoure constamment le pied des palmiers, ou à la proportion des sels alcalins que fournis-

sent les eaux, auxquels la végétation emprunterait ainsi un excitant énergique, ce sont autant de questions que des travaux ultérieurs permettront sans doute de résoudre, mais sur lesquelles je dois me borner à appeler ici l'attention.

La hauteur des oasis du Zab Dahari est supérieure à celle de Biskra ; Tolga et Bou Chagroun sont placés à 156 mètres au-dessus du niveau de la mer, Lichâna à 192 et Zaatcha à 204. En continuant à marcher dans la direction du sud-ouest, à peu près parallèlement au cours de l'oued Djedi, le sol se relève encore. On tra-

El Bordj. verse successivement deux oasis qui sont alimentées par de petits cours d'eau descendant du pied des montagnes secondaires el Bordj et el Amri. A el Bordj, la terre végétale est comme à Tolga, blanche et gypseuse ; elle présente les proportions suivantes :

Sable siliceux	17,42
Argile. } Phosphate de chaux. }	9,45
Peroxyde de fer	3,45
Carbonate de chaux	5,02
Sulfate de chanx	39,73
Sulfate de magnésie	4,98
Chorures alcalins	1,83
Eau, humine et débris organiques	18,12
	100,00

El Amri. A el Amri, une portion des eaux nécessaires aux cultures est fournie par l'oued Sfâa, mais elle est loin de suffire, et les habitants y suppléent au moyen de puits de 1m,50 à 2 mètres de profondeur, qui traversent une première assise de roches gypseuses, et un petit banc de calcaire blanc compacte, caverneux, très-sonore, de 8 à 12 centimètres d'épaisseur, au-dessous duquel on rencontre l'eau dans un banc de sable argileux : pour l'amener au niveau du sol, on place à l'orifice de chaque puits deux montants en bois et une traverse qui sup-

porte deux longs leviers équilibrés, à l'extrémité desquels sont appendues des outres qui puisent l'eau, et qu'un seul homme fait alternativement monter et descendre. L'existence de ces plaquettes qui recouvrent la nappe aquifère, rapprochée de la hauteur d'el Amri, qui est de 175 mètres, semblerait indiquer que l'on a affaire à une nouvelle nappe, supérieure à celle d'Aïn Oumach, d'Aïn Mlili, de Sidi Rouag, etc. On doit, toutefois, observer que tout le terrain s'élève à mesure que l'on s'éloigne de Biskra, et que ce relèvement concorde avec la pente que présente de l'ouest à l'est la vallée de l'oued Djedi, et les plaquettes pourraient être regardées comme un simple accident local de la nappe aquifère qui s'étend au-dessous du sol du Zab Dahari.

Doucen.

D'el Amri à Douçen, on traverse encore deux petits rideaux de terrain régulièrement étagés, et formés, comme tout le terrain, à partir de Biskra, de marnes blanches et de roches gypseuses, ainsi que l'indiquent les essais ci-dessous des roches sur lesquelles on chemine à Bou Chagroun, à Lichâna, à el Amri et à Douçen.

	1	2	3	4	5
Sulfate de chaux	64,04	73,46	64,34	50,52	60,60
Carbonate de chaux	3,45	0,95	16,95	10,95	4,45
Carbonate de magnésie	»	»	»	5,25	»
Argile	16,01	4,19	2,21	18,78	14,95
Eau	16,50	21,50	16,50	14,50	20,00
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1. Roche prise entre Aïn Mlili et Bou Chagroun.

2. Roche tendre prise entre Bou Chagroun et Lichâna, près du douar des Khelatma.

3. Roche tendre des environs d'Aïn Kelbi, aux sources de Lichâna.

4. Roche des berges de l'oued Sfâa, auprès d'el Amri.

5. Roche des collines entre el Amri et Douçen.

La direction des derniers bancs gypseux qui présentent de faibles ondulations est de N. 60° E. ; ils accusent un léger plongement vers le sud ; leur hauteur au point où je les ai traversés est de 209 et de 240 mètres, celle de la plaine de Douçen étant au bord du ruisseau de 229 mètres.

Cette plaine prend son nom d'une oasis considérable qui s'élevait autrefois au bord d'un ruisseau assez abondant, qui prend sa source un peu plus haut à Aïn Douçen ; les guerres intestines des tribus environnantes l'ont réduite en ruines, et il ne reste plus aujourd'hui que quelques palmiers et de rares huttes en terre dont les habitants extraient du salpêtre des débris de l'ancien village. La rive droite d'Aïn Douçen est bordée par une colline formée de marnes rouges, au pied desquelles jaillit la source de Douçen, de bancs de gypse et d'un banc de poudingue de plusieurs mètres d'épaisseur, qui paraît recevoir ces derniers en stratification concordante, et avoir un faible pendage vers le sud-est. Ces poudingues, qui ont la même position que ceux que nous avons mentionnés au Bordj Turc, auprès de Biskra, forment un plateau étendu, recouvert de ruines romaines assez importantes, dont les matériaux paraissent tous provenir de la formation secondaire : ce sont des calcaires blancs, compactes, analogues à ceux de Lichâna, et des brèches coquillières grises renfermant les têts d'un grand nombre de fossiles indéterminables, parmi lesquels on distingue l'*Ostrea acutirostris* de la craie. Ces pierres ont dû être amenées du Djebel Aksoun, car on n'aperçoit du sommet du mamelon qu'occupent les ruines aucune trace de terrain secondaire qui vienne

interrompre l'aspect uniforme des plaines légèrement ondulées qui s'étendent dans la région de l'ouest.

En descendant de Douçen vers l'oued Djedi, pour atteindre le groupe d'oasis du Zab Guebli (*Zibân du sud*), on parcourt un terrain de marnes argileuses renfermant des cristaux de chaux sulfatée lamellaire, et des bancs de gypse terreux. Ces roches forment, en se rapprochant de la rivière, des buttes isolées dont l'intervalle est rempli de cailloux roulés, et qui paraissent être les témoins laissés par les érosions qu'ont produites les eaux qui se sont épanchées par la vallée de l'oued Djedi. La rivière présente, auprès de Liâna, un lit d'environ 150 mètres de largeur; le thalweg est rapproché de la rive droite, de manière à accuser nettement le lit mineur de ce cours d'eau et l'espace sur lequel il s'épanche dans les crues. Le lit est occupé par des cailloux roulés de calcaire compacte, de grès, de calcaire siliceux, de quartz et de diorites qui proviennent sans doute de la chaîne du Djebel Sahari, ou même du Djebel Amour, dans lequel l'oued Djedi prend naissance; il était entièrement à sec au moment où je l'ai visité, bien qu'on ne fût qu'aux premiers jours d'avril. On trouvait cependant de l'eau en creusant à une petite profondeur dans le sable, et l'eau reparaissait entre Mlili et Sâada, au point où le lit de la rivière n'est plus formé que de löss argileux, moins perméable que les galets. Zab Guebli.

Le terrain tertiaire paraît se poursuivre sur la rive gauche jusqu'au bout de l'oued Djedi; mais la rive droite est occupée par un puissant dépôt de löss qui forme un escarpement de 6 à 8 mètres de hauteur, auquel vient succéder presque immédiatement un rideau de collines qui borne l'horizon. Les oasis de la rive gauche qui forment, à partir de Liâna, un groupe à

peine interrompu de jardins de dattiers, de champs cultivés et de villages, sur une étendue de près de 18 kilomètres, sont alimentées, ainsi que je l'indiquais plus haut, par les eaux qui viennent des sources du Zab Dahari. La terre végétale de ces oasis se rapproche, par sa composition, de celles des terres gypseuses de Tolga et d'el Bordj ; celle d'Ourlal contient :

Sable siliceux	11,85
Argile. Phosphate de chaux	5,99
Peroxyde de fer	2,48
Carbonate de chaux et de magnésie	0,43
Sulfate de chaux	32,74
Sulfate de magnésie	5,79
Sulfate de soude	3,41
Sulfate de potasse	0,76
Chlorure de sodium	4,70
Carbonate de cuivre	0,24
Eau, humine et débris organiques	31,61
	100,00

(La présence du carbonate de cuivre ne peut être regardée que comme un fait accidentel, provenant sans doute d'un débris de bassine abandonné auprès du dattier, au pied duquel j'ai recueilli la terre.)

Lioua. Sapêtre.

L'oasis de Lioua, à laquelle on arrive d'abord en suivant le cours de l'oued Djedi, joint à son industrie agricole celle de l'extraction du salpêtre. Cette exploitation se fait sur des terres prises dans les constructions d'une portion de l'oasis, aujourd'hui en ruines, et sur les résidus des anciens lessivages, que l'on reprend, après un certain intervalle, dans les tas assez considérables qui existent au nord-ouest de l'oasis. Ces matériaux sont d'abord soumis à un lessivage à l'eau froide dans des réservoirs en argile battue, d'une capacité de 2 hectolitres au plus, où on les laisse séjourner, au contact de l'eau, pendant un espace de deux ou trois

jours. On soutire ensuite, au moyen d'un conduit en roseau, placé à la partie supérieure du réservoir et bouché par un fausset en bois, les eaux chargées des sels solubles que renfermaient les terres, et on les soumet à une première concentration dans des bassins exposés à l'action du soleil; la majeure partie du sulfate de chaux entraîné en dissolution se précipite sur les parois de ces bassins, et la concentration du nitre s'achève, au moyen de la chaleur, dans de petites chaudières en cuivre dont la capacité ne dépasse pas 10 à 15 litres.

Un échantillon de terre salpêtrée, pris à l'est du village, a donné à l'analyse les proportions suivantes :

Nitrate de potasse	4,14
Chlorure de potassium	1,44
Chlorure de sodium	5,70
Chlorure de magnésium	0,69
Sulfate de magnésie	0,83
Sulfate de chaux	34,80
Carbonate de chaux	4,35
Phosphate de chaux / Argile	5,05
Sable siliceux	17,65
Peroxyde de fer	4,15
Eau et matières organiques	21.20
	100,00

Le salpêtre que cette terre fournit est blanc, un peu rosé, assez déliquescent, il renferme :

Nitrate de potasse	70,60
Nitrate de soude	4,00
Chlorure de sodium	16,30
Chlorure de magnésium	traces.
Sulfate de chaux	0,90
Eau	8,20
	100,00

Sa composition se rapproche ainsi de celle du nitre brut ou de première cuite des salpêtriers; les indigènes l'em-

ploient en cet état, après l'avoir séché au soleil, pour la confection de la poudre; mais il serait nécessaire de le soumettre à un raffinage pour pouvoir l'admettre dans nos poudreries. La proportion de salpêtre que l'oasis de Lioua pourrait livrer paraît d'ailleurs fort limitée, et il est probable que la quantité produite annuellement dans les quelques villages des Zibân, tels que el Kantra, Douçen, el Guema, Thouda, où l'on exploite comme à Lioua des matières salpêtrées, provenant d'anciennes constructions, ne suffirait point à alimenter une raffinerie d'une manière régulière et continue; car on aurait bientôt épuisé, en conservant les méthodes arabes, les matériaux salpêtrés existants, ainsi que les tas de matières lessivées, dans lesquels le salpêtre se reproduit au contact de l'air; et il serait, sans doute, difficile de faire adopter aux indigènes les méthodes plus délicates suivies par les salpêtriers dans l'industrie des nitrières artificielles.

Examinons maintenant les pays qui s'étendent à l'est de l'oued Biskra, entre la chaîne des Aouress, le lac Melr'ir et l'oued el Arab, qui forme la limite des Zibân.

Est de Biskra. En remontant la rivière jusqu'à el Djezia, confluent de l'oued Abdi, où commence la plaine d'el Outaïa, on ne retrouve qu'un lambeau de calcaire secondaire sur la rive gauche, dont les berges escarpées permettent de suivre la structure, et la formation crétacée disparaît presque immédiatement sous une série de bancs d'argiles blanches, de calcaires blancs, tendres et caverneux; de marnes avec cristaux de gypse lamellaire, de roches gypseuses à structure arénacée et de ménilite ou silex brun hydraté qui forme un ou deux bancs intercalés dans ces roches.

Les argiles sont très-douces au toucher, d'un blanc grisâtre; elles renferment :

Argile.	71,78
Sulfate de chaux.	0,27
Carbonate de chaux.	4,45
Eau.	23,50
	100,00

Elles sont appelées T'fol par les Arabes, qui les emploient en guise de savon pour le lavage des étoffes de laine; elles sont très-recherchées pour leur qualité, qui se rapproche de celle des terres à foulon ordinaires. Les calcaires, qui présentent des traces de fossiles mal conservés, que je crois devoir rapporter au genre *Melania*, sont en bancs assez réguliers, et pourraient fournir pour les constructions des matériaux légers, analogues à ceux que l'on emploie sur le littoral de l'Algérie, sous le nom de pierre d'Arles, et qui proviennent du terrain miocène des environs de cette ville.

Les roches gypseuses à structure arénacée sont trop impures pour être utilisées, car elles contiennent :

Sulfate de chaux.	23,19
Carbonate de chaux.	7,45
Sable et argile.	59,36
Eau.	10,00
	100,00

Ces roches s'appuient, à stratification discordante, sur les calcaires secondaires, et plongent vers le sud, près du point de contact; elles sont découpées en une série de buttes aux flancs escarpés, dont la partie supérieure est couverte, au bord de la rivière, par un banc de poudingues de 4 à 6 mètres d'épaisseur, composé de gros cailloux de calcaire de l'étage crétacé. Ces poudingues forment des bancs à peu près horizontaux qui s'appuient sur les strates inclinées que je viens de mentionner. L'inclinaison sud de ces strates se poursuit sur près de 2 kilomètres; elles se redressent ensuite faible-

ment vers le nord, et prennent, à la hauteur du Bordj Turc, un pendage sud; elles sont recouvertes, à la lisière du Sahara, par des couches arénacées et un banc de poudingues qui paraît de même nature que celui qui recouvre les mamelons du bord de la rivière. Ces poudingues et ces grès disparaissent sous le sol du Sahara avec la même direction et la même inclinaison que les roches qu'ils recouvrent, ainsi que je l'ai déjà signalé aux environs du Bordj Turc, et la disposition des bancs que l'on rencontre au sommet des mamelons de marnes et de calcaire en stratification discordante, ne peut s'expliquer que par un dépôt postérieur de cailloux roulés, remaniés par les eaux ou par des affouillements qui auraient été produits sur les roches inférieures dans la période du soulèvement de ces couches. Leur disposition d'ensemble est reproduite dans la coupe n° 6, où l'on a supprimé les dépôts de sable et d'argile que les alluvions modernes ont déposés en certains points.

La direction générale du banc de poudingue qui borde la plaine court ici du nord-ouest au sud-est et son inclinaison est de 15° sud; il forme à la lisière du Sahara un rideau qui se poursuit jusqu'au près de Sidi Khelil, et au pied duquel s'élèvent les oasis de Chetma, de Sidi Khelil et de Thouda; cette dernière est toutefois plutôt une ruine habitée qu'un centre de culture.

Chetma. A Chetma, les couches présentent une série de poudingues et de grès grossiers de consistance variable, formés de grains de quartz et de ciment calcaire, dont un échantillon a donné :

Sable siliceux.	39,55
Carbonate de chaux.	59,95
Sulfate de chaux.	traces.
Eau.	0,50
	100,00

Ce sont de véritables molasses qui alternent avec des bancs de poudingue (*Nagel-flühe*) et d'argile dans un ordre que reproduit la coupe n° 7. L'inclinaison de ces assises, qui est d'abord de 28° sud, va en augmentant jusqu'au sixième banc qui est formé d'un grès plus résistant relevé sous un angle de 60°, elle redescend ensuite à 35° dans les calcaires blancs qui recouvrent les couches de marnes et d'argiles qui s'étendent vers le nord. On ne peut toutefois observer aucune discordance de stratification entre ces molasses et les couches qu'elles recouvrent. Les marnes et les argiles continuent sur un espace assez étendu, que les érosions ont découpé en une série de mamelons et de buttes de hauteur peu variable, disséminés d'une manière irrégulière, entre lesquels on chemine dans la direction nord jusqu'à ce que l'on arrive à une muraille de grès grossiers et de poudingues identiques à ceux de Chetma qui disparaissent avec une pente douce sous le terrain d'alluvion de l'oued Abdi; ils se rattachent sans doute aux poudingues plongeant vers le sud que l'on observe au-dessus des marnes salifères du Djebel Rh'arribou, et relient ainsi les terrains tertiaires de la plaine d'el Kantra à ceux de la lisière nord du Sahara.

Source de Chetma.

L'oasis de Chetma est pourvue d'eau par une source très-abondante qui jaillit au milieu des marnes à 2 kilomètres environ au nord de l'oasis. L'eau s'échappe du fond d'une cavité circulaire de 3 mètres de diamètre par cinq ou six bouches, en soulevant une nappe de sable que la force ascensionnelle de la source maintient en suspension; elle produit ainsi un bouillonnement assez prononcé, accompagné d'un dégagement d'acide carbonique. Les objets que l'on jette dans cette source disparaissent sous la nappe sableuse, quel que soit leur volume; aussi les indigènes assurent-ils qu'elle n'a

point de fond : elle paraît venir, en effet, d'une assez grande profondeur ; l'eau qui arrive au jour a une température de 33°, celle de l'air extérieur étant de 26°,5 ; la densité de l'eau de Chetma est de 1,0023 à 30°,5 et elle est composée de :

Chlorures alcalins.	1,356
Chlorure de magnésium. . . .	0,121
Sulfate de magnésie.	0,264
Sulfate de chaux.	0,248
Eau et matières organiques. . .	998,011
	1.000,000

La hauteur du plateau sur lequel elle se déverse est de 145 mètres au-dessus de la mer, et elle descend avec une pente rapide jusqu'aux jardins de l'oasis de Chetma, pour lesquels j'ai trouvé une hauteur de 119 mètres.

Aïn Dr'oueu. En suivant le terrain tertiaire à l'est de Chetma, il ne tarde point à se resserrer et forme à Aïn Dr'oueu une petite vallée enclavée dans le terrain secondaire, que bornent au nord des molasses et des poudingues relevés vers le sud. Le terrain inférieur partage cette inclinaison ; il est formé de marnes, de gros bancs de gypse terreux, de calcédoine en fragments anguleux et en blocs roulés de couleur blanc porcelaine dont le volume dépasse celui du corps d'un homme. Un peu au delà du village de Dr'oueu, l'on peut observer aux abords de la crête qui sépare le ruisseau d'Aïn Dr'oueu de la vallée de l'oued el Abiod, en traversant la montagne qui limite au nord la plaine du Sahara, le terrain tertiaire reposant sur les assises de calcaire blanc compacte de la craie. Les escarpements qui dominent la rivière nous montrent les bancs de poudingues et de molasse s'appuyant sur la craie, qui renferme ici des Turrilites et des Ptérocères, et remplissant

les vides laissés par la rupture des couches. Ils sont recouverts par les marnes blanches gypseuses qui disparaissent à leur tour sous une nouvelle série de dépôts arénacés. La coupe n° 8 reproduit cette disposition.

A el Habel, les marnes et argiles reposent directement sur le calcaire à ptérocères et remplissent les inégalités que présente la surface de ce dernier, ainsi que le montre la coupe n° 9, prise auprès de Rar' el Meziag, où des excavations produites par l'extraction des terres à foulon montrent le contact des deux terrains. La marne exploitée en ce point, pour le lavage des étoffes de laine, est composée de : El Habel.

Argile	35,44
Sulfate de chaux	39,66
Carbonate de chaux	12,45
Carbonate de magnésie	0,95
Eau	11,50
	100,00

Elle dégage une odeur assez forte et doit peut-être une partie de son action sur les matières grasses au gypse terreux et pulvérulent qu'elle renferme. La formation marneuse disparaît au nord sous les bancs de poudingues et de molasses; ces dernières sont friables, à grain assez fin et s'égrènent sous les doigts, elles renferment une forte proportion de ciment calcaire, et un échantillon a donné à l'essai :

Sable siliceux	18,65
Carbonate de chaux	63,95
Carbonate de magnésie	12,90
Peroxyde de fer	3,50
Eau	1,00
	100,00

Elles plongent régulièrement vers le nord, et cette

inclinaison se poursuit en remontant vers M'chounech; on rencontre après les marnes blanches des argiles rouges compactes exploitées comme les argiles des environs de Biskra et d'el Habel, pour le lavage des étoffes de laine et qui forment des bancs très-puissants, dans lesquels sont intercalés des amas de gypse terreux. Les montagnes secondaires se rapprochent de plus en plus, les grès et les poudingues disparaissent, et la formation tertiaire vient se terminer à l'entrée de la gorge de l'oued el Abiod par des couches de marnes verdâtres gypseuses, d'argiles rouges avec plaquettes de calcaire marneux et de sables argileux rougeâtres sur lesquels on retrouve des inscriptions tracées par nos soldats après le combat de 1844. Ces sables plongent à l'ouest et viennent butter contre les couches calcaires abruptes du Teniet Rieh', qui forment les parois est et sud du cirque au fond duquel est assise, au niveau de la rivière, l'oasis de M'chounech.

M'chounech. Cette oasis occupe une plaine de peu d'étendue que traverse l'oued el Abiod, au sortir d'une longue coupure, dont le fond ne livre passage qu'aux eaux de la rivière et dont les parois taillées à pic s'élèvent à une grande hauteur. Ces parois sont formées sur les deux bords par les calcaires compactes de la formation crétacée, et l'un de ces bancs calcaires, placé à l'orifice de la gorge, est criblé de débris d'huîtres. Les couches plongent vers le sud, et leur correspondance montre que l'oued el Abiod coule au fond d'une fissure produite dans le terrain secondaire par un glissement de couches ou par une fente de peu d'étendue, car quelques bancs calcaires se poursuivent sans interruption dans le lit de la rivière que l'on ne peut remonter au delà de la prise d'eau qui alimente les jardins de dattiers

qui bordent la rive gauche de l'oued el Abiod. La hauteur de ces jardins est de 390 mètres, et leur position abritée au milieu des montagnes permet de cultiver avec succès les arbres fruitiers des zones plus tempérées. L'oranger, le citronnier croissent ainsi au milieu des palmiers dans des jardins dont la richesse de végétation ne peut se comparer qu'à celle de l'oasis d'El Kantra.

Le terrain secondaire qui plonge au sud à la hauteur de M'chouneeh se relève bientôt vers le nord et dessine par une longue série de crêtes dentelées l'arête supérieure du Djebel Amar Kheddou, dont les couches disparaissent sous le sol à la lisière du Sahara (ainsi que l'indique la coupe n° 10), en plongeant de 40° vers le sud avec une admirable régularité. Ces puissantes assises calcaires appellent au loin l'attention par leur masse abrupte et sauvage, ainsi que par les ondulations que les ravins descendant des crêtes ont occasionnées dans la partie supérieure des couches, et dans lesquelles la lumière produit, en se jouant, des effets aussi nombreux que saisissants. Amar Kheddou.

Le plongement sud des couches secondaires se continue à l'est de l'Amar Kheddou, dans la série de hautes montagnes qui bordent la plaine du Sahara. Un rideau de collines peu élevées occupe le pied de ces montagnes que les nombreux cailloux roulés répandus à la base des coteaux ne permet point de suivre, mais ils paraissent entièrement composés de couches tertiaires. A l'oued Maïlha, ce sont des marnes gypseuses, des bancs de gypse terreux, qui recouvrent des bancs de poudingues, auxquels succèdent des terrains argileux qui s'appuient sur les calcaires secondaires. Le gypse de l'oued Maïlha contient :

Sulfate de chaux.	69,63
Carbonate de chaux.	7,95
Argile.	3,42
Eau.	19,00
	100,00

L'inclinaison des couches qui est de 20° S. au bord de la plaine, est de 40° auprès de la montagne, et leur direction est ici de N. 70° E.; dans la vallée voisine la disposition est semblable et ce terrain se continue jusqu'à la vallée de l'oued el Arab, à l'entrée de laquelle est établi le village de Khanga Sidi Nadji.

Khanga Sidi Nadji.

Cette oasis, presque entièrement conquise sur le lit de la rivière, est entourée d'un rideau de collines qui la cachent entièrement à la vue, et dont les flancs permettent d'étudier le contact de la formation crétacée et des terrains tertiaires qui la recouvrent.

En remontant le cours de l'oued el Arab, jusqu'au pied du Djebel Cherchar, on voit que les dernières assises de cette montagne, qui consistent en marnes blanches sèches et en calcaires blancs compactes, à cassure terne, renfermant des nodules irréguliers de *cherts* ou de silex blonds, dont le volume atteint et dépasse quelquefois 1 mètre cube, sont recouvertes, ainsi que l'indique la coupe n° 11, par des poudingues à ciment blanchâtre empâtant des calcaires et des silex de la formation crétacée, à laquelle je crois pouvoir rapporter les calcaires à silex du Cherchar; sur ces poudingues reposent des marnes lie-de-vin et verdâtres très-fissiles renfermant des amas lenticulaires :

De gypse blanc fibreux ;

De grès formés de petits grains de quartz hyalin,

réunis par un ciment calcaire de cohésion variable, s'égrenant le plus souvent sous les doigts;

D'une alternance de marnes grises, de grès à fibres gypseuses et de couches assez étendues de molasse qui se poursuivent jusqu'à la plaine; un échantillon de ces dernières a donné à l'essai :

Sable siliceux	69,45
Peroxyde de fer	6,95
Carbonate de chaux	22,10
Eau	1,50
	100,00

L'inclinaison des diverses assises que nous venons de décrire varie dans des limites assez étendues, depuis le contact du terrain secondaire, où elle est de 28° sud, jusqu'à Khanga, où elle atteint près de 60°, elle redescend ensuite aux abords de la plaine à 40°, et les molasses sont recouvertes par ce terrain de transport de blocs et de cailloux roulés que l'on observe constamment à l'est de Biskra, à la limite supérieure de la plaine saharienne.

Plaine du Zab Chergui.

Le terrain qui compose cette zone orientale des Zibân présente des caractères notablement différents de ceux que nous avons observés à l'ouest de Biskra. Traversé par des rivières considérables, dans lesquelles se réunissent les eaux des vallées de l'Aouress, il forme une vaste plaine dénudée par les courants diluviens de ces rivières, dont le sol paraît entièrement composé de marnes blanches et d'argiles. Les cours d'eau qui charrient à la sortie des Aouress des masses de galets et de sables dont ils encombrent leur lit, perdent bientôt leur vitesse, et ne déposent dans les parties inférieures de la plaine qu'un lehm silicéo-calcaire, au milieu duquel les eaux poursuivent leur cours, en se partageant souvent en plusieurs bras, qui s'épanchent dans les marais que

forme l'oued Djedi avant de se perdre dans le lac Melr'ir. Les lits de ces cours d'eau sont le plus souvent à sec dans la partie supérieure de leur cours, et les eaux s'infiltrent, à la sortie des montagnes, sous les sables et sous les galets, pour reparaître plus bas dans les régions occupées par les dépôts de lehm.

Il n'y a point de sources abondantes comme dans le Zab Dahari, aussi ne trouve-t-on point d'oasis de palmiers au delà de Sidi Okba, qui est alimenté par un ruisseau qui sort des collines tertiaires, auprès de Sidi Khelil. On ne rencontre à l'est de cette oasis qu'un vaste terrain de parcours que les troupeaux fréquentent en hiver, et dans lequel se trouvent, aux abords des cours d'eau, des espaces cultivés en céréales, pour lesquels on utilise les eaux que les rivières fournissent en hiver et au printemps jusqu'à la fonte des neiges qui couvrent les cîmes de l'Aouress. A ce moment, les blés et les orges ont atteint leur maturité, on les coupe, et le terrain reçoit, au retour de la saison d'hiver, de nouvelles semences. Ces cultures sont assez développées à l'est de Sidi Okba, à Garta, à Sériana, à Debbia et sur

Garta.

l'oued el Arab, à Zeriba et à Liana. A Garta, la terre végétale renferme :

Sable siliceux	33,91
Argile.	8,20
Phosphate de chaux.	
Peroxyde de fer.	4,64
Carbonate de chaux.	28,18
Sulfate de chaux.	3,46
Sulfate de magnésie.	0,71
Chlorures alcalins.	1,02
Eau, humine et débris organiques.	19,88
	100,00

Les terres de Debbia et de Zeriba m'ont paru d'une composition analogue.

Dans la partie inférieure de la plaine, les cultures reparaissent à Si Mohammed Moussa et dans le cours inférieur de l'oued el Arab qui se partage en plusieurs bras, et forme une sorte de delta garni de belles céréales, que cultivent les populations ennemies des deux villages d'el Faïdh. La terre végétale est composée de : El Faïdh.

Sable siliceux	32,98
Argile. } Phosphate de chaux. }	10,43
Peroxyde de fer	13,56
Carbonate de chaux	18,38
Sulfate de chaux	1,09
Chlorures alcalins	1,54
Eau, humine et débris organiques	22,02
	100,00

L'espace qui sépare les cultures n'est qu'un terrain de parcours dépourvu d'eau sur presque toute son étendue. A Sidi Salah, à Aïn Naga, celle que l'on rencontre, en creusant au-dessous du sol, est infecte et se trouve à la partie inférieure d'un banc d'argile. Ce banc a, dans le puits creusé auprès de la mosquée de Sidi Salah, 2^{m},30 d'épaisseur. L'eau que fournit ce puits est d'un goût amer et saumâtre, elle dégage une forte odeur hépatique, sa densité est de 1.044 à 29°, elle a donné à l'analyse : Sidi Salah.

Chlorure de sodium	0,356
Sulfate de soude	1,541
Sulfate de magnésie	0,979
Sulfate de chaux	0,395
Sulfure de calcium	0,113
Carbonate de chaux	0,910
Eau et matières organiques	995,706
	1.000,00

Les nomades viennent cependant y puiser d'une assez grande distance, et elle sert aux caravanes qui se rendent du Souf à Sidi Okba.

Bassin fermé du Chott Melr'ir.

La hauteur de cette plaine est sensiblement uniforme, à la limite de la chaîne des Aouress; elle atteint 233 mètres à Sériana, 223 à Liana, et les hauteurs intermédiaires que j'ai trouvées pour l'oued Maïlha et pour Debbia qui sont de 258 et de 197 mètres, montrent que le pied des coteaux doit avoir, en ces deux points, une altitude comparable. La ligne de pente de cette portion orientale des Zibân est nettement accusée vers le Sud; ainsi, Sidi Okba n'est qu'à 44 mètres, et la portion de l'oued Biraz, où les eaux reparaissent, au Rous el Aïoun (*les têtes des sources*) auprès de laquelle est établi, au milieu de bois de tamarisques, le campement d'hiver du Scheick el Arab, n'est qu'à la cote de 18 mètres, au-dessus du niveau de la mer.

En partant de Khanga Sidi Nadji, le terrain descend aussi rapidement suivant le cours de l'oued el Arab; de l'oasis de Khanga, dont les jardins sont à 254 mètres de hauteur, le sol s'abaisse à 183 à Badess, il passe ensuite à 92 mètres, à 28, et l'on trouve pour el Faïdh une hauteur de 41 mètres au-dessous du niveau de la mer; cette altitude qui a été obtenue en comparant la moyenne de neuf observations barométriques faites à el Faïdh les 11, 12, et 13 avril 1848, avec celles correspondantes du baromètre de Biskra, placé à une distance de 20 lieues à vol d'oiseau, dans la même plaine, et qui devait ainsi être impressionné d'une manière analogue par les vents ou par les courants atmosphériques, n'est point un fait isolé. En remontant vers Sidi Okba, on trouve sur le chemin de Sidi Salah, qui traverse un pays bas, marécageux, très uni, des cotes de hauteur de 39, 36 et 29 mètres au-dessous du niveau de la mer. Si l'on marche d'el Faïdh vers Souf, par le chemin que suivent les caravanes, on

obtient un abaissement plus grand encore, on parcourt des terrains marécageux, recouverts de sel, dont les cotes sont de —65,—76 mètres, et, enfin, dans le marais qui s'étend au Sud des mamelons de Gartoufa, d'où l'on découvre un horizon sans bornes dans les parties que n'altère point l'effet décevant du mirage, la hauteur de la colonne barométrique ($775^{mm},4$ à $+23°$) correspond à une altitude de 85 mètres au-dessous du niveau de la mer, ces mamelons sont formés de roches gypseuses et de petites dunes composées de têts d'Helix modernes et de plâtre, un échantillon de ce sable renferme :

Sulfate de chaux.	52,29
Carbonate de chaux.	7,95
Sable siliceux.	27,76
Eau.	13,00
	100,00

Le terrain continue-t-il à descendre dans les marais salés que l'on traverse avant d'arriver aux terres de parcours qui précèdent l'oued Souf, c'est ce que de nouvelles observations pourront seules nous apprendre, mais cette dernière cote est assez basse pour nous permettre d'établir, déduction faite de toutes les erreurs que le nivellement barométrique peut comporter, que le bassin du Chott Melr'ir, dans lequel se réunissent toutes les eaux des Zibân et de l'oued Djedi, est un bassin fermé et séparé de la mer actuelle. Le vaste marais salé qui occupe le fond de ce bassin se continue du quatrième au septième degré de longitude Est, jusqu'à 70 kilomètres du golfe de Gabès, en traversant les oasis du Bled el Djerid et du Nifzaoua, et sa hauteur montre qu'il ne pouvait point communiquer autrefois avec la mer, ainsi que l'indique Ptolémée. On ne rencontre, au reste, sur les bords du lac Melr'ir, et sur

les terrains qui s'étendent du lac actuel au pied des montagnes, aucune laisse de mer qui puisse faire supposer que l'estuaire de ce marais ait été oblitéré, depuis les temps historiques, par les collines de sable qui bordent le golfe de Gabès, et que l'évaporation solaire ait épuisé successivement les eaux de cette mer intérieure. Les seuls témoins d'érosions anciennes que l'on observe, sont les amas de cailloux roulés qui bordent la plaine, et qui paraissent indiquer que les couches de marnes, de molasses et de poudingues qui sont relevées sur le flanc des Aouress, ont émergé du sein des eaux, mais ce phénomène remonte aux dernières périodes géologiques, et ne peut avoir aucune connexion avec les modifications que le cordon littoral du golfe de Gabès a pu recevoir dans les temps historiques. La salure des eaux du Chott qui se couvre, après la saison des pluies, d'une croûte d'efflorescences, ne peut également être invoquée, on doit l'attribuer au dépôt de matières salines dont les eaux se chargent dans leur parcours, et qu'elles abandonnent ensuite lorsqu'elles sont absorbées par les rayons solaires, ainsi que cela s'observe pour tous les bassins fermés de l'Algérie. Le sable qui occupe le fond du Chott est couvert, en effet, d'une croûte de sel assez considérable; un échantillon de ce sable, pris auprès du Koudiat Gartoufa, contient :

Chlorure de sodium.	20,71
Chlorure de potassium.	2,43
Sulfate de magnésie.	1,18
Sulfate de chaux.	24,52
Carbonate de chaux.	6,52
Peroxyde de fer.	1,73
Sable siliceux.	32,11
Eau et matières organiques. . . .	10,80
	100,00

Les indigènes en retirent en le dissolvant dans l'eau, et laissant cristalliser le sel dans de petits bassins, deux variétés de sels; l'une blanche et l'autre rouge, qui ne diffèrent que par la proportion de matières étrangères. Le sel blanc paraît assez pur, quant au sel rouge, il contient : Sel des marais.

Chorure de sodium.	88,41
Chlorure de potassium.	0,89
Chlorure de magnésium.	4,32
Sulfate de chaux.	1,30
Carbonate de chaux.	0,09
Peroxyde de fer.	0,15
Sable siliceux.	0,47
Eau et matières organiques. . . .	4,37
	100,00

On peut déduire des diverses indications que nous avons données ci-dessus, que la chaîne des monts Aouress présente entre Batna et la plaine des Zibân les trois étages du terrain néocomien, de la craie chloritée et de la craie blanche que comprend la formation crétacée. Ces couches, en supposant qu'aucun accident de rupture ou de dislocation n'en ait altéré l'ensemble, disparaîtraient après de nombreux plissements sous la plaine saharienne, en plongeant vers le sud avec une inclinaison variant de 15 à 40°; mais il n'en est point ainsi, le plongement régulier vers le sud que l'on observe au Djebel Cherchar et au Djebel Berga se continue jusqu'à l'Amar Kheddou et à Sidi Khelil, où les assises de la formation crétacée sont brusquement interrompues. Elles reparaissent sur la rive droite de l'oued Biskra avec un plongement nord qui montre que toute la partie supérieure du dernier plissement a été enlevée, et ce n'est qu'auprès du Bou Chagroun, au marabout de Sidi Hammresi, que l'on retrouve un plongement régulier vers le sud. La disposition inclinée de Résumé. Terrain crétacé.

ces couches, favorable pour l'absorption des eaux pluviales et de celles des cours d'eau qui les traversent, ne permet point, toutefois, ainsi qu'on l'a fait espérer, de tirer parti de ces eaux à l'aide de forages artésiens, car les moyens bornés dont l'homme dispose ne sauraient lutter avec avantage contre des phénomènes naturels qui se produisent sur une aussi vaste échelle que le soulèvement des Aouress. La pente sud des couches qui bordent le Sahara, varie, en effet, entre Sidi Khelil et Khanga, dans les parties qui paraissent placées dans les conditions les plus favorables d'absorption, de 28 à 40°, et en admettant que l'inclinaison des couches descende, au-dessous du sol, jusqu'à 20°, bien qu'on ne les voie point reparaître à la surface du Sahara, dans la direction sud, sur une étendue de plus de 50 lieues, un puits foré entrepris à la limite des sables et galets qui bordent la montagne, c'est-à-dire à une distance d'au moins 4.000 mètres, devrait traverser, pour arriver aux premières couches secondaires qui émergent au-dessus du sol, une épaisseur de terrain de plus de 1.400 mètres, et cette objection se reproduit encore avec plus de puissance lorsqu'on cherche à appliquer des appréciations analogues au bassin que présentent les couches redressées qui bordent au nord et au sud, la petite plaine d'el Kantra.

Terrain tertiaire. Le terrain crétacé est recouvert par un terrain plus moderne qui se subdivise en deux groupes distincts. Le premier composé de poudingues, de grès tendres, d'argiles, de marnes gypseuses, de calcaire caverneux, s'appuie sur le terrain secondaire. La nature des poudingues et des roches, la discordance de stratification observée en plusieurs points de contact, jointes à l'inclinaison des couches qui ont participé au dernier soulèvement de la chaîne des Aouress, ne permettent

de le rapporter qu'au terrain tertiaire, et la présence des *Ostrea crassissima*, que l'on observe auprès d'el Hammam, nous apprend que ces terrains font partie de l'étage miocène. Cette formation, qui remplit la lacune existant dans le terrain secondaire entre Biskra et Sidi Khelil, s'étend dans la vallée de l'oued el Kantra, jusqu'à cette oasis, et n'est ainsi séparée de la plaine d'el Ksour que par la chaîne du Metlili. Cette disposition explique la préférence que l'on accorde, sans doute de temps immémorial, à la voie d'el Kantra pour traverser la chaîne des Aouress, et justifie l'expression que les indigènes emploient en parlant de la coupure d'el Kantra, lorsqu'ils l'appellent la *Porte du Sahara*, bien que la distance de ce point à la plaine saharienne soit encore considérable. On n'a plus, en effet, qu'à traverser des terrains faciles et peu accidentés pour arriver, en suivant le bord de la rivière, à l'oasis de Biskra qui doit à sa position à l'entrée de cette route, son importance comme point militaire et comme centre commercial.

Les grès molasses, les poudingues et les assises arénacées que l'on observe au-dessus des couches précédentes, et qui bordent les collines qui s'étendent au pied des montagnes et à la lisière du Sahara dans tout le pays à l'est de Biskra, forment la partie inférieure des assises du second groupe. Ces couches paraissent s'appuyer le plus souvent sur celles du premier groupe à stratification concordante, ainsi qu'on l'observe dans la plupart des coupes citées précédemment, mais dans les buttes de la rive gauche de l'oued Biskra, les poudingues sont franchement discordants, et devraient ainsi appartenir à l'étage tertiaire supérieur, si l'on n'admet pas que ce fait puisse s'expliquer par un accident local. Les bancs de poudingues et de molasses sont recouverts

par des bancs d'argiles, de sables et de roches gypseuses qui occupent toute la plaine des Zibân, et dont on retrouve des lambeaux jusqu'au Koudiat Gartoufa, dans le chott Melr'ir. Ce terrain, sous lequel on ne voit reparaître les poudingues, dans les régions ouest, qu'auprès d'Aïn Douçen, présente à son contact avec les montagnes secondaires de cette région des sources abondantes qui constituent dans le Zâb Dahari, une véritable nappe aquifère. Des couches gypseuses, plongeant faiblement vers le sud, recouvrent cette nappe que l'on ne voit plus apparaître au jour, entre le Zâb Dahari et l'oued Djedi, et qui doit ainsi se continuer sous le sol à une profondeur inconnue. La présence des bancs de poudingues dirigés du nord-ouest au sud-est auprès de Douçen, semble indiquer que le bassin se contourne dans cette direction et que les strates se poursuivent vers le sud, en traversant le cours de l'oued Djedi. Dans le Zâb Chergui, le plongement sud des couches est plus prononcé, et les bords des collines tertiaires ont des inclinaisons variables vers le sud; cette inclinaison va en décroissant, sur la plupart des points, à mesure que l'on s'éloigne du terrain secondaire, et il est naturel d'inférer de là que les couches présentent sous la plaine une pente beaucoup plus faible que celle que l'on observe au pied des montagnes qui les ont redressées, et comparable aux pentes douces et à peine sensibles que l'on constate dans le Zâb Dahari.

Forages artésiens.

Enfin, ces couches sont recouvertes ou remplacées dans les lignes suivies par les vallées principales par des dépôts de sable, de galets et d'argiles, dont le forage de Biskra permet d'apprécier la puissance, et l'examen des diverses couches du terrain environnant montre que les roches traversées ne peuvent se rapporter qu'aux dépôts d'alluvions anciennes de la rivière. L'irrégularité

de ces dépôts, qui présentent le plus souvent des amas lenticulaires se succédant sans beaucoup de suite, ne permet point d'espérer de voir réussir de nouvelles tentatives de forage à Biskra ou dans les environs immédiats de cette oasis. Dans le Zâb Guebli et dans la partie inférieure de la plaine orientale des Zibân, les conditions seraient plus favorables, et l'on pourrait espérer de rejoindre ou la nappe aquifère à laquelle les Zibân du nord doivent leur prospérité, ou des couches perméables de molasse arénacée, dans laquelle se serait écoulée une partie des eaux que débitent les rivières; mais la population spécifique des Zibân est trop faible, les instincts des habitants ne se sont pas encore tournés d'une manière suffisante vers les féconds travaux de la paix, pour que des tentatives de ce genre puissent offrir des résultats utiles et proportionnés aux dépenses que les travaux de forage occasionneraient.

En parcourant les Zibân, en visitant les ruines et les villages délabrés qu'ils renferment, on est conduit à reconnaître que ce pays a joui autrefois d'une prospérité qu'il est loin d'atteindre encore, et qu'il serait facile de faire renaître en aménageant les sources existantes, en substituant des conduites régulières et durables aux rigoles que les Arabes font suivre aux eaux sur les flancs des rochers, et en établissant des barrages sur les cours d'eau, de manière à relever le seuil des canaux d'irrigation et à augmenter l'étendue des terrains que les eaux peuvent féconder dans les diverses saisons de l'année. La culture des céréales et celle des dattiers pourrait ainsi recevoir tout le développement que comporte l'époque actuelle, et le seul but utile que l'on doive aujourd'hui chercher à atteindre avec la sonde doit être d'établir, au moyen des forages artésiens, des centres de culture et des villages dans la région déserte qui sé-

pare Biskra des oasis de l'Ouad R'ir, qui sont exclusivement alimentées par des eaux souterraines, et d'attirer ainsi sur la route de Biskra à Tuggurt, en augmentant la sûreté et la facilité du parcours, le mouvement des caravanes qui sillonnent la région sud de la province : c'est par l'examen de cette question que je terminerai ce travail.

Plateaux de l'oued Djedi.

La route de Biskra à Tuggurt quitte à Sâada la vallée de l'oued Djedi pour s'engager dans des plateaux ondulés, dont le sol est couvert de débris roulés de silex et de calcédoine rubanée. Ces plateaux, qui paraissent former une plaine uniforme lorsqu'on chemine à leur partie supérieure, sont découpés par une série de dépressions peu prononcées, dont les flancs sont occupés par des argiles blanches marneuses et par des bancs de gypse analogues à ceux qui composent le sol du Zâb Dahari.

Bir Chefeur.

Le premier puits que l'on y rencontre, Bir Chefeur, est percé à la partie supérieure du plateau ; il fournit une eau assez potable, qui sourd au bas du puits, et forme une nappe de 15 à 20 centimètres d'épaisseur. La hauteur de ce puits est de 4^{m},45 ; on traverse, pour arriver à l'eau, un banc d'argile grise avec de nombreux cristaux de gypse lamellaire, jaune de miel, en fer de lance, et une assise de grès friable renfermant quelques cailloux roulés de calcaire secondaire et composé de :

Sable siliceux.	72,95
Peroxyde de fer.	2,95
Carbonate de chaux.	22,60
Eau.	1,50
	100,00

Cette couche de sable, faiblement agglutiné, repose sur un deuxième banc d'argile, au contact duquel on trouve l'eau.

La disposition des bancs traversés paraît horizontale, et la hauteur du puits de Chefeur est de 68 mètres au-dessus de la mer : ce qui nous donne pour les plateaux une hauteur maxima d'environ 40 mètres au-dessus de la vallée de l'oued Djedi, qui est, à Sâada, à la cote de 35 mètres.

La dépression qui succède au plateau de Bir Chefeur est occupée par une accumulation de débris des roches voisines rassemblés par le vent, et qui forme une couche peu épaisse de terre couverte de quelques broussailles, au pied desquelles la terre est amassée par l'action du vent ; cette terre, d'une couleur brun clair, paraît fortement siliceuse ; elle donne à l'analyse :

Sable quartzeux.	55,75
Argile. . . . . Phosphate de chaux.	7,89
Peroxyde de fer.	3,72
Carbonate de chaux.	14,39
Sulfate de chaux.	5,94
Chlorures alcalins.	1,74
Eau, humine et débris organiques.	10,57
	100,00

Au delà de Bir Chefeur, on continue à suivre une série d'ondulations semblables jusqu'à Sethil, sur l'oued el Bahadj, et l'on rencontre deux nouveaux puits, Bir Sedir et el Chegga. Ce dernier, établi au milieu d'une plaine assez étendue, que forme une dépression de terrain, a $4^{m}.50$ de profondeur, et donne une eau saumâtre, dégageant une odeur hépatique très-prononcée ; on observe sur les parois de ce puits un banc de gypse de $2^{m}.50$ d'épaisseur, qui commence au niveau du sol et qui recouvre une argile grise sableuse de 2 mètres de puissance, au bas de laquelle émerge la source. La terre de cette plaine se rapproche beaucoup par ses caractères extérieurs de celle de Bir Chefeur ; elle contient : Aïn Chegga.

Sable siliceux	62,17
Argile. / Phosphate de chaux	10,23
Peroxyde de fer	3,69
Carbonate de chaux	2,85
Carbonate de magnésie	1,69
Sulfate de chaux	3,69
Chlorures alcalins	2,16
Eau, humine et matières organiques	13,52
	100,00

Sethil. A Sethil, l'eau est fournie par une nappe souterraine que l'on rejoint par des puits de 2m.80 de profondeur, au fond desquels il y a près de 50 centimètres d'eau. Ces puits sont ouverts dans le lit de l'oued el Bahadj, qui est à sec pendant la majeure partie de l'année, mais dans le lit duquel on trouve de l'eau sur tout le cours de la rivière, qui prend plus haut le nom d'oued Itell, et dont les bords sont le lieu de station habituel des caravanes et des nomades. La nappe d'eau souterraine se continue jusqu'au Chott Melr'ir, et l'eau forme une source assez considérable au pied des coteaux qui bordent le lac, au débouché de la vallée, appelée el Bibân par les indigènes. Le lit de l'oued el Bahadj est rempli de sable fin et ne présente point de galets; il est peu encaissé dans la plaine de Sethil, et ne paraît pas devoir débiter un grand volume d'eau dans la saison des pluies. La plaine qui l'avoisine est composée d'une terre sablonneuse, dans laquelle paraissent des broussailles de ketaf (*atriplex halimus*) et de chieh (*artemisia judaïca*) qui y forment la seule nourriture des animaux. Cette terre renferme :

Sable siliceux	62,27
Argile. / Phosphate de chaux	13,68
Peroxyde de fer	3,94
Carbonate de chaux	8,63
A reporter	88,52

Report.	88,52
Sulfate de chaux.	4,10
Chlorures alcalins.	0,73
Eau, humine et débris organiques. .	6,65
	100,00

Les roches qui bordent cette plaine sont encore des gypses terreux qui paraissent disposés en assises horizontales, ou, pour parler plus exactement, qui suivent le mouvement du sol, qui forme dans ces vastes régions, le seul terme de comparaison que l'on puisse adopter. Or, ce dernier s'abaisse sensiblement depuis les plateaux qui bordent le cours de l'oued Djedi. La hauteur de la plaine de Chegga est de 55 mètres et celle de Sethil de 13 mètres au-dessus du niveau de la mer. Au delà de Sethil, le sol se relève en deux ressauts successifs, jusqu'au Koudiat el Dohor, où les plateaux s'interrompent brusquement et laissent apercevoir le vaste marais salé de Melr'ir et les premiers villages de l'Ouad R'ir, dont les jardins de palmiers émaillent l'horizon.

Le sommet de ces monticules est couvert de roches gypseuses, compactes, de structure variable ; les unes à cassure terne, à texture serrée contiennent : Koudiat el Dohor.

Sulfate de chaux.	43,47
Carbonate de chaux.	1,95
Argile.	34,58
Eau.	20,00
	100,00

D'autres à structure grenue et cristalline sont rudes au toucher, empâtent de petits grains siliceux et présentent les proportions suivantes :

Sulfate de chaux.	66,98
Carbonate de chaux.	3,45
Sable siliceux.	21,07
Eau.	8,50
	100,00

Ils passent au gypse lamellaire, hyalin et incolore dont de nombreux fragments couvrent le sol; à ces couches gypseuses placées au sommet des mamelons, succèdent des marnes et des argiles disposées en talus d'éboulement du côté de la plaine du Chott. Cette plaine est formée par une terre sablonneuse qui présente les mêmes caractères que celle de Sethil et d'Aïn Chegga ; elle contient :

Sable siliceux	29,52
Argile. Phosphate de chaux	12,24
Peroxyde de fer	4,42
Carbonate de chaux	3,48
Carbonate de magnésie	2,79
Sulfate de chaux	26,02
Sulfate de magnésie	2,06
Chlorures alcalins	1,69
Eau, humine et débris organiques	17,78
	100,00

La partie inférieure de la plaine est marécageuse et couverte de nombreuses efflorescences salines, elle se rattache au Chott Melr'ir qui s'étend à gauche de la route sur d'immenses espaces que le mirage transforme constamment aux yeux du voyageur.

Chott Melr'ir. La hauteur du Chott, dans la partie que traverse le chemin, est de 28 mètres au-dessous du niveau de la mer. Cette altitude qui vient confirmer les cotes données précédemment pour el Faïdh et Sidi Salah, montre que le Chott Melr'ir ne se continue point par une ligne de vive eau sur toute son étendue, et que les espaces marécageux qu'il embrasse, sont étagés à des niveaux variables; elle conduit de plus à regarder le marais qui avoisine le Koudiat Gartoufa comme l'un des points les plus bas de cette grande série de terrains submergés. Au delà du Chott le sol se relève, et l'on atteint bientôt, au pied d'une butte de sable, sur la-

quelle s'élève le marabout de Sidi el Meurlifi, l'oasis d'Our'ir. Cette oasis alimentée par une source qui sort du pied du monticule de Sî el Meurlifi et dont la température est de 24°, le thermomètre, placé à l'air libre, marquant 17°, est aujourd'hui inhabitée, ainsi que celle de Nsir'a qui l'avoisine. Elle comprend un petit nombre de palmiers qui croissent dans une terre très-sablonneuse se rapprochant par les caractères extérieurs du sable des petites dunes que l'on observe dans la plaine. Elle est composée de : Our'ir.

Sable siliceux.	85,72
Argile. . . . . } Phosphate de chaux. . . . . }	1,78
Peroxyde de fer.	1,79
Sulfate de chaux.	3,76
Sulfate de soude.	1,46
Chlorures alcalins.	1,11
Eau, humine et débris organiques. .	4,38
	100,00

Au delà de Nsir'a, la plaine se poursuit avec une hauteur uniforme jusqu'à el Mr'eïr, où l'on arrive après avoir traversé un pli de terrain formé de roches gypseuses, au pied duquel sont établies sur la gauche, les quatre oasis de Dendour'a; l'oasis de Mr'eïr, d'une remarquable étendue, est établie au milieu d'un terrain de gypse marneux, qui a fourni les matériaux de construction du village; elle est pourvue d'eau au moyen de puits creusés par les habitants jusqu'à la rencontre d'une nappe souterraine qui remonte jusqu'à la surface du sol et jaillit de manière à pouvoir ensuite être répandue, à l'aide de rigoles, dans les jardins. Ce sont, comme l'on voit, de véritables puits artésiens creusés par la main des hommes sur une section plus considérable que celle des puits forés à l'aide de la sonde. Deux de ces puits suffisent à alimenter l'oasis Mr'eïr. Puits forés.

de Mr'eïr, qui comprend, avec de nombreux palmiers quelques cultures d'orge et de légumineuses. L'un de ces puits, situé au sud de l'oasis, est très-ancien, il n'a qu'un débit assez borné; le deuxième qui a été creusé, il y a 25 ans, dans les jardins du nord, m'a fourni dans un jaugeage exécuté assez sommairement, à l'aide de flotteurs, sur la rigole de distribution, les éléments suivants :

Section de la rigole. . . . . . . $0^{m^2},042$
Vitesse par seconde à la surface. $0^{m}, 196$

En calculant la dépense par la formule $Q = 0.78AV$, dans laquelle A désigne la section du canal, et V la vitesse moyenne par seconde à la surface, on trouve que le débit de ce puits est de $6^{l}.411$ par seconde; soit de 543 mètres cubes en 24 heures. Sa section est un carré de $0^{m}.70$ de côté et sa profondeur est de 42 mètres; en y descendant une sonde en fer pendue à une petite corde, elle s'arrête à 28 mètres et ramène du sable argileux qui encombre ainsi la partie inférieure du puits sur 14 mètres de hauteur. L'eau de ce puits a au jour une température de 23°, celle de l'air extérieur étant de 20°.5, elle est claire, limpide, mais d'une saveur lourde que les proportions considérables de piment, qui entrent dans la composition des mets, ne parviennent point à dissimuler. Sa densité est de 1,0033 à 24°, et elle donne à l'analyse :

Chlorure de sodium.	1,359
Sulfate de soude.	0,695
Sulfate de magnésie.	0,382
Carbonate de chaux.	0,803
Eau et matières organiques. . . .	996,761
	1.000,000

D'après les indigènes, on a traversé pour forer ce puits, sept couches successives d'argile, de gypse et de

sable ; le sable renfermait des pierres faisant feu au briquet ; les bancs d'argile et de gypse étaient les plus puissants et atteignaient jusqu'à 12 mètres d'épaisseur.

Un troisième puits, situé non loin de celui-ci, est tari depuis quelques années, la sonde s'y arrête à 8 à 9 mètres de profondeur ; on a cherché à forer un nouveau puits auprès de l'ancien, afin de pouvoir desservir les mêmes quartiers de jardins, mais le terrain détrempé par les eaux, n'a point offert une tenue suffisante, et ce travail a été abandonné.

La terre végétale que ces eaux artésiennes fécondent est de couleur gris de cendre, douce au toucher et renferme de petits cristaux de plâtre, elle se compose de :

Sable quartzeux.	31,41
Argile. . . . . } Phosphate de chaux. . . . . }	8,20
Peroxyde de fer.	2,69
Carbonate de chaux.	5,23
Carbonate de magnésie.	0,70
Sulfate de chaux.	28,96
Sulfate de magnésie.	1,33
Sulfate de potasse.	2,63
Sulfate de soude.	2,27
Chlorure de sodium.	1,01
Eau, humine et débris organiques.	15,57
	100,00

Les cultures qu'elle reçoit sont sarclées avec soin, la terre est relevée le long des sillons, de manière à faire parcourir à l'eau une sorte de labyrinthe, dans lequel elle circule avec lenteur et dans les conditions les plus favorables pour l'imbibition.

La hauteur du village de Mr'eïr, qui est à 20 mètres au-dessous du niveau de la mer, montre que le sol se relève insensiblement à partir du chott Melr'ir, ce mouvement se continue jusqu'aux collines de Drâ Mta Abderziz ; on traverse un terrain formé principalement

de gypse terreux, avec plaquettes cristallines lamellaires, recouvert en quelques points de cailloux roulés de calcédoine, et de distance en distance de petites dunes de sable, qui paraissent être poussées par le vent d'ouest, ainsi que cela a déjà lieu dans la région des Zibân. On rencontre dans cet intervalle une source entourée de quelques palmiers, appelée Aïn el Kerma, ou *la fontaine du Figuier*, sans que rien puisse justifier aujourd'hui cette dénomination. Cette source, entourée de sable, forme une excavation au milieu du sol, elle n'a, au dire des Arabes, point de fond et paraît provenir d'un ancien puits foré. La hauteur trouvée pour Aïn el Kerma est de 11 mètres au-dessous du niveau de la mer. L'oasis de Sidi Khelil, située environ une lieue plus au sud, est à la cote de — 8 mètres, elle est arrosée par trois puits de 27, 33 et 35 mètres de profondeur, qui remontent à une époque assez ancienne. L'un d'eux a un débit très-borné et est encombré de sable jusqu'à 18 mètres au-dessous du sol.

Aïn el Kerma.

Sidi Khelil.

Drâ Mta Abderziz.

Les monticules de Drâ Mta Abderziz, que l'on franchit ensuite, sont formés, comme tout le terrain environnant, d'assises gypseuses qui paraissent horizontales, et de marnes qui forment, au-dessous des bancs de gypse, des talus éboulés. Le point culminant où le chemin traverse ce petit rideau a une hauteur de 39 mètres au-dessus du niveau de la mer, et les parties supérieures des bancs gypseux sont à peu près à la cote de 50 mètres. Du sommet de ces monticules on aperçoit dans le lointain un nouveau groupe d'oasis, ce sont celles d'Ourlana, d'Ariana et de Djemâ, auxquelles on arrive après avoir franchi le lit d'un petit ruisseau salé qui coule au milieu d'un terrain plat, uniforme, bordé à l'ouest, par de petits coteaux, et à l'est, par un marais salé très-étendu, le chott el Ammar.

Une source entourée de palmiers, appelée source du corbeau, Aïn Refien, interrompt seule l'aspect monotone de la plaine. Le niveau de la source est supérieur de $1^m,50$ à 2 mètres à celui du sol ambiant, elle jaillit au fond d'un petit cône de sable, semblable à un cratère. Cette disposition doit, sans doute, être attribuée aux dépôts successifs que le vent a formés autour de la source. Le sable, dont la végétation qui environnait la source a dû provoquer le dépôt, a été maintenu par les herbes et par l'humidité et s'est successivement assimilé au sol végétal qu'il recouvrait; le phénomène se continuant, il s'est produit autour de la source une butte au milieu de laquelle elle a dû chercher à se frayer une issue, en s'élevant ainsi insensiblement au-dessus du sol. Aïn Refien.

La source de Cherier Armel, auprès d'Ourlâna, offre une disposition analogue, mais l'eau y est plus abondante et a peut-être la même origine que les eaux d'Ourlâna et du groupe de villages qui l'environnent. On observe, en effet, à la porte de ce village, un grand étang peuplé d'un grand nombre de poissons et très-profond, ses eaux se renouvellent par voie souterraine et servent à l'irrigation de la majeure partie de l'oasis. Une autre source semblable existe à l'ouest d'Ourlâna, auprès du village de Djemâ, et sert également à pourvoir d'eau les cultures; ces eaux ne suffisent point toutefois, et il y a, auprès d'Ourlâna, un puits foré qui montre que la nappe aquifère se continue. Les étangs d'Ourlâna et de Djemâ, que les indigènes annoncent être sans fond, ne sont peut-être que le résultat de l'éboulement d'anciens puits assez rapprochés, qui ont laissé, en s'effondrant, passage aux eaux de la nappe aquifère, car la disposition du terrain ne permet pas de supposer que ce soit des eaux d'infiltration. Ourlâna.

L'eau de cet étang a une composition analogue à celle des eaux jaillissantes, sa densité est de 1,0052 à 14° et elle renferme :

Chlorure de sodium.	1,551
Chlorure de magnésium.	0,781
Sulfate de soude.	0,763
Sulfate de chaux.	1,571
Carbonate de chaux.	0,634
Eau et matières organiques. . . .	994,700
	1.000,000

Djemâ. Entre Ourlâna et Djemâ, le sol est encore formé de gypse compacte avec cristaux lenticulaires crêtés, que recouvre une marne blanche employée comme terre à foulon par les habitants. La hauteur de ce groupe d'oasis et de la plaine qui l'environne est de 12 mètres au-dessus du niveau de la mer à Aïn Refien, et de 16 mètres à Ourlâna. Au delà de ce village, le chemin traverse un terrain marécageux, garni de nombreuses efflorescences salines et bordé, à l'est, par les jardins de palmiers, à l'ouest, par des dunes de sable d'une faible hauteur qui s'arrêtent au bord du marais. Le sable de ce chott renferme :

Chlorure de sodium.	12,20
Chlorure de potassium.	6,13
Chlorure de magnésium.	0,83
Chlorure de calcium.	2,92
Sulfate de chaux.	4,78
Carbonate de chaux.	1,92
Peroxyde de fer.	1,24
Sable quartzeux.	61,14
Eau et matières organiques.	8,84
	100,00

Tammerna. Un peu avant Tammerna, on débouche dans une vaste plaine, marécageuse dans la région Est, dans laquelle s'élève sur un monticule la ville de Tammerna la vieille. Elle présente quelques ruines assez considé-

rables qui paraissent témoigner de sa grandeur déchue, et est entourée de belles cultures d'orge et de dattiers. Cette oasis est pourvue d'eau au moyen de trois puits. L'un d'eux a été creusé il y a 14 ans, il a une profondeur de 62 mètres et la sonde s'y arrête aujourd'hui à 35 mètres. Les eaux qui en proviennent forment un petit ruisseau qui a donné au jaugeage un débit de 13^{l},159 par seconde, soit de 1.137 mètres cubes en vingt-quatre heures. Deux autres puits existent aux environs de l'oasis, mais l'un est en mauvais état, et l'autre, commencé il y a 7 ans, a traversé, au-dessous du banc de gypse, un banc d'argile de 9 mètres d'épaisseur puis une succession de sables quartzeux mélangés de paillettes gypseuses, de grès, de cailloux roulés calcaires et de poudingue calcaire à ciment très-compacte, l'impossibilité où se trouvaient les habitants de continuer ce travail a fait abandonner le puits à 57 mètres de profondeur, aussi les jardins de ce canton souffrent-ils beaucoup du manque d'eau, et voit-on dépérir un grand nombre de palmiers.

L'oasis de Tammerna la neuve, sise au sud-ouest de l'ancienne Tammerna, a été fondée il y a une trentaine d'années par le scheick Brahim, auquel deux souverains ont succédé, depuis, dans le gouvernement de l'Ouad R'ir. La prospérité remarquable de cette oasis ne repose que sur un seul puits que ce scheick fit creuser en donnant aux ouvriers une mesure de blé pour une mesure de terre extraite. Ce puits, de 1 mètre de section, a rencontré l'eau à 55 mètres de profondeur. La sonde s'y arrête à 30 mètres, et, bien qu'il soit ainsi encombré de sable et d'argile sur une hauteur de vingt-cinq mètres environ, il débite par un canal de 0^{mq},2829 de section, 75^{l},817 par seconde, soit 6.551 mètres cubes en vingt-quatre heures. Au dire des indi-

gènes, ce puits a coûté de 8 à 10.000 francs; ce chiffre se rapproche assez de celui auquel on arrive en supposant que les ouvriers aient reçu, comme on le raconte, une mesure de blé pour une mesure de terre. Le cube total des déblais est, en effet, de 54 mètres cubes, soit en admettant un foisonnement d'un tiers pour les terres extraites, de 72 mètres cubes équivalents à 720 hectolitres de blé, et en supposant que le blé qui est payé à Biskra de 8 à 9 francs l'hectolitre, ne vaille à Tammerna que 11 à 12 francs, la dépense se serait élevée de 7.900 francs à 8.600. L'eau de ce puits est très-claire et limpide, mais sa saveur est désagréable, elle a une densité de 1.0040 à 22°, et donne à l'analyse les proportions suivantes :

Chlorure de sodium.	1,741
Chlorure de magnésium.	0,145
Sulfate de soude.	2,428
Sulfate de magnésie.	0,835
Eau et matières organiques. . .	994,851
	1.000,00

La terre végétale que ces eaux ont conquise sur le désert, est d'une couleur brun clair, très-sablonneuse et déliquescente, elle présente les proportions suivantes :

Sable siliceux.	70,16
Argile. . . . . } Phosphate de chaux. . . . . }	1,17
Peroxyde de fer.	1,68
Sulfate de chaux.	6,12
Sulfaté de magnésie.	1,45
Chlorure de magnésium.	1,31
Chlorure de sodium.	2,27
Chlorure de potassium.	1,09
Eau, humine et débris organiques.	14,75
	100,00

La hauteur de la plaine entre les deux villages de Tammerna est de 39 mètres. Au sortir de ces villages,

on traverse une nouvelle série de monticules de sable, de calcaire marneux et de gypse pour lesquels j'ai trouvé une hauteur de 48 mètres au-dessus du niveau de la mer, et l'on arrive à l'oasis de Sidi Rached, qui est envahie à l'ouest par les sables. Le puits de cette Zaouïa, placé à la porte de la ville, en est presque totalement recouvert, il a 52 mètres de profondeur, et un débit comparable à celui du puits neuf de Mr'eïr. Au delà de cette oasis, dont l'altitude est de 43 mètres, le terrain s'abaisse vers une série de marécages que l'on traverse en laissant sur la gauche une ceinture à peine interrompue d'oasis, et l'on arrive ainsi à la limite des jardins de dattiers qui s'étendent comme une épaisse forêt jusqu'à la ville de Tuggurt.

Les terres détrempées de ces marais, dans lesquelles se réunissent toutes les eaux pluviales, sont fortement chargées de principes salins, elles renferment :

Chlorure de sodium	38,44
Chlorure de potassium	16,97
Chlorure de magnésium	2,42
Chlorure de calcium	3,04
Sulfate de chaux	3,01
Carbonate de chaux	0,92
Carbonate de magnésie	0,38
Peroxyde de fer	4,07
Peroxyde de manganèse	0,06
Argile	5,34
Sable quartzeux	16,28
Eau et matières organiques	9,07
	100,00

et fournissent le sel nécessaire aux habitants.

Tout le groupe d'oasis qui s'étend à partir de Sidi Rached jusqu'à Tuggurt, est exclusivement alimenté par des eaux souterraines que l'on atteint à des profondeurs variables. A M'gâr'in, les puits ont 75 mètres et les 25 derniers mètres sont formés de roches tendres

Sidi Rached.

gypseuses. Le volume des sources est à peu près double de celui des sources ordinaires, sans égaler toutefois celui de Tammerna la neuve. A Zaouïa, la profondeur varie de 47 à 58 mètres et le jaugeage de l'un de ces puits m'a donné un débit de $12^{l},245$ par seconde soit 1.061 mètres cubes en vingt-quatre heures.

Tebesbesth. A Tebesbesth, les puits sont ouverts sur une place située à l'est du village, qui est garnie d'une série d'excavations provenant d'anciens puits éboulés ou taris, et de tentatives de percement que les eaux d'infiltration ont forcé d'interrompre, qui font de ce terrain un foyer d'infection et de pestilence, du milieu duquel jaillissent les eaux des puits qui alimentent aujourd'hui l'oasis. Leur profondeur varie de 40 à 60 mètres, ceux qui sont creusés le plus bas sont, en même temps, les plus abondants. Tous les jardins sont établis à l'est du village, et les sables qui recouvrent ici les gypses sur une hauteur variable, qui atteint quelquefois 2 mètres, forcent les cultures à se reporter vers l'orient dans la direction d'un marais qui enceint ce groupe d'oasis. Les dégâts causés par les sables que le vent d'ouest amène sur les jardins sont incessants, de grandes étendues de terrains ont été envahies ainsi et condamnées à la stérilité, dans un intervalle que la mémoire des anciens habitants leur permet d'embrasser.

La terre végétale de ce groupe d'oasis est formée, en raison de cette action permanente des vents, d'une forte proportion de sable alliée aux éléments gypseux que présente le sol proprement dit; un échantillon pris à Tebesbesth, a donné à l'analyse :

Sable siliceux.	57,78
Argile. . . . . } Phosphate de chaux. . . . . . }	5,58
A reporter.	63,36

Report	63,36
Peroxyde de fer.	3,08
Sulfate de chaux.	21,03
Sulfate de magnésie.	2,00
Chlorures alcalins.	0,63
Eau, humine et débris organiques.	9,90
	100,00

Les cultures les plus variées en arbres fruitiers, en céréales et en légumineuses se développent dans ces jardins, à l'ombre des 400.000 palmiers qu'ils renferment; c'est à l'extrémité sud-ouest de ces riches cultures que s'élève la ville de Tuggurt, capitale de l'Ouad R'ir. Bâtie sur un terrain incliné vers le sud-est, qui se raccorde aux plateaux environnants dans toute la région occupée par les sables, cette ville est entourée d'un fossé rempli d'eau, de quelques mètres de largeur et de 8 à 10 mètres de hauteur dans la région Ouest. Ce fossé préserve la ville de l'envahissement des sables arrêtés sur son talus extérieur. Les maisons y sont pour la plupart construites, comme dans tous les villages de l'Ouad R'ir, en briques de terre séchées au soleil; celles qui avoisinent le fossé se relient entre elles de manière à former une enceinte continue à laquelle on n'accède que par deux portes, ouvertes au nord-ouest et au sud-est, en traversant sur des ponts en bois le fossé qui borde la ville. Une troisième porte, appelée Bab el Hadara, établit une communication directe entre la Kasbah, où demeure le Scheick, et l'extérieur; cette porte est seule ouverte en cas d'hostilités avec les nomades ou les populations voisines. La plupart des maisons sont construites en terre; cependant celles des riches et la Kasbah, qui ne diffère guère des habitations ordinaires que par son étendue, sont bâties en moellons de plâtre reliés par un mortier formé de plâtre Tuggurt.

cuit et de sable fin; elles présentent à l'intérieur des galeries à arcades et de nombreux murs de refends destinés à diminuer la portée des brins de palmiers qui supportent les terrasses, ces murs sont percés par des baies cintrées d'un style très-lourd et d'un cachet tout spécial. Les deux mosquées que l'on voit sur la place ont seules des minarets construits en briques cuites. Elles ont de plus des tableaux de porte, des colonnettes en marbre blanc que l'on a tirées à grands frais de Tunis, mais on ne trouve autour de la ville aucune trace de ruines qui puisse rappeler le passage de la domination romaine, et l'absence absolue de matériaux de construction résistants et durables ne permet point d'admettre, ainsi que l'avance Jean Léon, que « *Téchort est environnée de murailles à craie et pierre vive, fors du côté de la montagne, pour ce que les hauts rochers lui servent de remparts; toutes les maisons sont faites de briques et pierre vive, fors le temple dont la construction est de belles et grosses pierres entaillées.* » Après l'examen des lieux, cette description ne supporte point la lecture; car il n'y a ni montagnes ni rochers aux environs de la ville, ils présentent sous une couche de sable des bancs de plâtre qui fournissent à la fois les matériaux et le ciment des constructions. La pierre à chaux y manque absolument, et on ne trouve que dans les collines qui séparent Meggar de Tammerna un calcaire tendre marneux qui pourrait suppléer à la chaux. Cette matière n'est d'ailleurs pas même employée pour le blanchissage des maisons, qui conservent à l'intérieur la teinte jaune du plâtre, et les pièces d'honneur de la Kasbah ne sont point toutes blanchies.

L'intérieur de la ville de Tuggurt renferme trois puits artésiens, dont l'un avoisine la porte des jardins (Bab el Bled), il paraît fort abondant et sert aux besoins

ournaliers des habitants, l'excédant de son débit traverse le fossé dans un tronc de palmier évidé en rigole et sert aux irrigations. Les deux autres sont creusés dans le jardin du scheick à la Kasbah. Le plus ancien, qui remonte à une soixantaine d'années, a 44 mètres de profondeur; il est muraillé en briques à sa partie supérieure et paraît presque entièrement tari. Le deuxième, qui a 55 mètres, a été creusé il y a quatorze ans, il a 80 centimètres de côté et les terres y sont maintenues par des cadres jointifs en palmier très-bien soignés. Les eaux de ces deux puits se déversent dans un même canal et servent à arroser le jardin de la Kasbah; leur débit est de 2^{l},008 par seconde, soit de 173 mètres cubes par vingt-quatre heures. La faiblesse de ce produit, comparée à celle des puits voisins, doit être en partie attribuée à la hauteur du jardin dans lequel ils sont creusés, qui surpasse de quelques mètres celle des terrains cultivés de l'oasis. L'eau de ces puits a une densité de 1,0034 à 28°; elle a donné à l'analyse les proportions suivantes :

Chlorure de sodium.	0,478
Chlorure de potassium.	1,221
Chlorure de magnésium.	0,277
Sulfate de potasse.	0,711
Sulfate de chaux.	1,867
Eau et matières organiques. . . .	995,446
	1,000,000

Le jardin qu'elle arrose renferme des arbres fruitiers, des dattiers et quelques cultures. La terre végétale, de couleur gris de cendre, contient :

Sable siliceux.	54,21
Argile. . . . . Phosphate de chaux.	8,25
A reporter. . . .	62,46

Report	62,46
Peroxyde de fer	1,28
Sulfate de chaux	21,68
Sulfate de magnésie	1,97
Chlorures alcalins	1,32
Eau, humine et débris organiques.	11,29
	100,00

Il y a, de plus, aux abords de la ville, trois autres puits artésiens qui servent à l'approvisionnement du marché, des villages qui s'élèvent aux portes de la ville, et à l'arrosage des jardins qui sont alimentés en outre par plusieurs autres puits établis dans l'intérieur de l'oasis ; la profondeur de ces puits varie de 40 à 50 mètres et leur section de $0^{m},70$ à 1 mètre de côté.

Creusement des puits forés.

L'emplacement des puits ne paraît soumis à aucune règle déterminée. Le seul instrument que l'on emploie pour les creuser est une sorte de houe à manche très-court et très-incliné sur le plan de l'outil, qui sert à la fois pour le travail des jardins, pour régler la distribution des eaux dans les divers quartiers, en déplaçant les petits barrages en terre établis sur les rigoles de distribution, et pour le foncement des puits. Deux montants verticaux établis sur l'emplacement où l'on se propose de creuser et reliés à leur partie supérieure par deux traverses entre lesquelles est fixée une molette en bois complétent l'installation nécessaire pour le travail. Un câble tressé avec des fibres ligneuses de la partie supérieure du palmier s'enroule sur la molette, il sert à monter et descendre les ouvriers, ainsi qu'à l'extraction des matières et à l'épuisement des eaux. Un seul ouvrier travaille à la fois au fond du puits ; il est accroupi, et la hauteur qu'il occupe dans cette position sert de terme de comparaison pour apprécier la profondeur des travaux. Cette unité, appelée

k'ama, équivaut à 1 coudée 1/4, soit à 0m,625 (1). On traverse pour arriver à la nappe aquifère cinq variétés de roches désignées par les indigènes sous les noms de :

El Sbah,
El Tin,
El Tizaouïn,
El Hadjer,
El Masoul.

Les renseignements obtenus sur place pour l'épaisseur de ces diverses assises sont contradictoires, même pour des puits en creusement, et ne concordent jamais avec la profondeur assignée aux puits que j'ai eu occasion de vérifier avec la sonde. Les puits en percement, qui sont boisés sur toute leur étendue, ne permettent point de mesurer la puissance des couches, et je m'abstiendrai pour ce motif de donner une coupe complète des terrains que traversent les puits.

La première roche, el Sbah, n'est autre que le banc de gypse terreux qui forme le sol des environs de Tuggurt; elle disparaît quelquefois, et l'on rencontre immédiatement une roche marneuse de couleur jaune rougeâtre, empâtant des cristaux de gypse, appelée el Tin, ou el Trab. Son épaisseur est considérable; dans un puits en percement à Zaouïa, qui avait atteint une profondeur de 36m,50, on s'était arrêté au Tizaouïn, et l'on n'avait traversé à l'orifice qu'un banc gypseux de 1 mètre d'épaisseur, de sorte que la puissance des bancs de marnes était de 35m,50. C'est à la partie supérieure de ces bancs que l'on rencontre deux nappes

(1) Les mesures de longueur usitées dans l'ouad R'ir, que j'ai réduites en mesures françaises pour ne point employer plusieurs unités distinctes dans le cours de ce travail, sont :

La coudée ou drâa arbi de.	0m,500
La k'ama qui vaut 5/4 de drâa, soit. . . .	0m,625
La baleg ou kross de 3/4 de drâa, soit. . .	0m,375



d'eau saumâtre, fétide, qui obligent parfois par leur abondance à renoncer aux travaux, mais on les franchit habituellement en plaçant derrière les cadres de boisage un corroi formé d'argile et de fumier mélangés en proportion convenable, et le creusement se continue sans autre obstacle jusqu'à la nappe aquifère.

Le percement des puits est entrepris en général dans la belle saison, et l'on arrive dans une campagne au niveau du Tizaouïn, à moins que les eaux n'obligent de s'arrêter plus haut. Les puits commencés dégagent une forte odeur d'hydrogène carboné (*mesmar*) qui doit gêner notablement la respiration des ouvriers. Au moment de reprendre, on épuise les eaux à l'aide d'outres en peau terminées à leur partie inférieure par un boyau en cuir. Une corde enroulée sur une poulie spéciale fixée vers le bas des supports de la molette et que les hommes qui manœuvrent l'outre à l'aide du câble principal tiennent à la main, maintient ce boyau relevé sur les flancs du vase pendant le trajet qu'il parcourt; lorsque l'outre est arrivée à la partie supérieure du puits, cette corde, en s'enroulant sur une poulie plus basse que la molette, laisse descendre le boyau lorsque l'on est arrivé à la partie supérieure du puits, et l'outre se vide dans une rigole spéciale sans que les manœuvres aient à se déplacer.

Le Tizaouïn, qui forme l'assise suivante, est un mélange de sable siliceux, de plâtre et d'argile, à structure arénacée; il recouvre une roche gypseuse rougeâtre et compacte dite el Hadjer, ou la pierre, formée d'un agrégat de petits cristaux lamellaires de gypse blanc jaunâtre, réunis par un ciment argilo-sableux.

La cinquième couche, el Mazoul, est une argile blanc verdâtre, très-compacte et très-grasse, au-dessous de laquelle se trouvent les sables aquifères.

L'épaisseur de ces trois dernières couches était, dans un puits que l'on venait d'achever à Zaouïa :

El Tizaouïn. . . .	2,50
El Hadjer.	5,00
El Mazoul.	2,00

Ces chiffres peuvent servir à apprécier l'épaisseur relative de ces assises.

Les puits sont boisés jusqu'à el Hadjer, que l'on atteint communément entre 30 et 40 mètres. Le boisage est confié à des ouvriers spéciaux qui débitent le bois et posent les cadres dans le puits. Il se compose d'une suite de cadres jointifs de brins de palmier refendus en six. Les variétés de palmiers les plus estimées pour cet objet sont les *haloua* et les *deglet-nour*, dont le tissu est plus serré et plus résistant. On pose neuf à dix cadres par mètre courant, et chaque tronc de palmier abattu donne le bois nécessaire pour dix à douze cadres. Ces coffrages, qui sont établis avec soin, descendent jusqu'au banc gypseux, au delà duquel on continue sans boiser.

La nappe aquifère ne se présente pas toujours immédiatement au-dessous du banc d'el Mazoul, et l'on a quelquefois 15 à 20 mètres à creuser dans le sable avant de rencontrer l'eau. Le sable que l'on traverse est très-fin, et principalement formé de petits cristaux de quartz et de paillettes de gypse que l'on peut confondre avec du mica ; un échantillon venant de Tebesbesth a donné à l'analyse :

Sable siliceux.	48,90
Argile.	3,72
Peroxyde de fer.	6,45
Carbonate de chaux.	4,94
Carbonate de magnésie.	5,08
A reporter.	69,09

Report.	69,09
Sulfate de chaux.	12,20
Sulfate de soude.	1,00
Chlorure de magnésium.	4,75
Chlorure de sodium.	1,86
Chlorure de potassium.	0,25
Eau et matières volatiles.	10,85
	100,00

Pour y travailler, les R'ouaras demeurent attachés au câble et se bouchent les oreilles avec de la graisse de chèvre ; dès qu'il voit sourdre l'eau, l'ouvrier fait un signal et on le remonte au jour ; quelquefois l'eau jaillit avec tant de force qu'elle ne permet pas de retirer l'ouvrier, qui est asphyxié ; mais, le plus souvent, l'eau arrive lentement, en charriant avec elle une proportion assez considérable de sable argileux qui obstrue le bas du puits sur 15 à 20 mètres de hauteur. On favorise son arrivée au jour en enlevant ce sable avec des seaux que l'on manœuvre aussi rapidement que possible ; mais l'eau n'atteint l'orifice du puits qu'après un intervalle plus ou moins long. Dans un puits que j'ai visité et qui avait atteint la veille la nappe aquifère à 65 mètres de profondeur, la sonde s'arrêtait, au bout de dix-huit heures, à 35 mètres, et l'eau n'arrivait qu'à 6m.70 en contre-bas du sol ; elle n'a commencé à s'épancher qu'au bout de trente heures. Parfois, l'eau refuse de monter jusqu'au seuil du puits ; on laisse alors le sable qu'elle charriait se déposer, et l'on fait descendre des plongeurs pour déblayer une portion des matières qui interceptent le cours de la nappe ascendante. Chaque plongeur se fait précéder du couffin qu'il doit remplir, que l'on descend à fond à l'aide de la corde fixée sur la molette : il plonge ensuite en s'aidant d'une corde amarrée à la paroi du puits, et maintenue dans le sable à sa partie inférieure. Il remplit le couffin et remonte au

jour, après être demeuré de deux à trois minutes sous l'eau. Ce travail se continue jusqu'à ce que la base du puits soit suffisamment déblayée, pour permettre à l'eau d'atteindre le niveau du sol, ce qui arrive le plus souvent lorsque le sable qui engorge le fond n'a plus qu'une épaisseur de 15 à 20 mètres.

Le prix du fonçage de ces puits est assez difficile à évaluer d'une manière complète ; le bois, les cordes, les outils, la main-d'œuvre accessoire, sont habituellement fournis par le propriétaire du terrain dans lequel se fait le travail, ou par le quartier qui doit en profiter. Les ouvriers sont nourris et reçoivent pour les dix premières kama ($6^m.25$) $4^f.57$, et pour chaque nouvelle série de dix kama, ils reçoivent $1^f.66$ en sus. La dépense pour un puits de 50 mètres est ainsi de 78 à 80 francs. La façon des boisages est payée à raison de $8^f.50$ par kama de cadres mis en place, soit $13^f.28$ par mètre courant ; elle revient ainsi, pour l'étendue de 30 mètres que l'on a à boiser dans les puits les plus bas, à 398 ou 400 francs, et la dépense totale pour un puits dans lequel l'eau jaillit immédiatement jusqu'au jour est de 850 à 1 000 francs. Lorsque l'on a à enlever du sable pour la faire arriver au niveau du sol, la dépense est double et varie de 1 700 à 2 000 francs, en ne comprenant pas la valeur des matières fournies en nature pour le travail. Elle augmente encore, lorsque l'on a des difficultés à vaincre, soit pour le percement, soit pour le nettoyage du trou, et on cite plusieurs puits qui ont coûté de 4 à 5 000 francs.

Durée des puits.

La durée des puits est assez bornée ; les brins de palmier qui forment les cadres, peu résistants de leur nature, ne tardent point à se pourrir, les marnes détrempées par les eaux s'éboulent et viennent, au bout de peu d'années, réduire le volume des eaux. Il arrive

souvent ainsi qu'un quartier, qui s'est imposé les plus grands sacrifices pour creuser un puits, qui a coupé les plus beaux palmiers de ses jardins pour le boiser, voit les nouvelles plantations dépérir par le manque d'eau, au moment où elles arrivent à être productives, et quelques puits tarissent au bout de douze à quinze ans, sans que l'on puisse les nettoyer ou remplacer les boisages défectueux.

Avantages de la sonde.

Quelque remarquables que soient les résultats que cette méthode de creusement assure aux populations barbares qui l'exploitent, elle ne saurait supporter de comparaison avec les modes de sondage suivis en Europe pour les forages artésiens. La nature peu résistante des terrains ne présenterait, en effet, aucune difficulté à l'action de la sonde, et permettrait d'atteindre rapidement et sans dangers la nappe aquifère. En faisant suivre les outils de forage par une colonne de retenue et d'ascension, on franchirait facilement les sables qui obstruent constamment le bas du puits et diminuent la force ascensionnelle des eaux. Les assises de marnes aquifères et ébouleuses, les bancs de roches dures, devant lesquels le R'iri avoue son impuissance, seraient facilement traversés, et l'on pourrait, en nettoyant les forages lorsqu'ils seraient encombrés par les sables, maintenir leur débit à la hauteur des besoins qu'ils seraient appelés à satisfaire. Pour les puits actuellement existants, dont la section a de $0^m,70$ à 1 mètre de côté, on descendrait jusqu'aux sables aquifères des cuvelages en bois ou en tôle, que l'on fixerait solidement aux parois du trou, et dont on déblayerait l'intérieur avec des soupapes appropriées. L'art du sondeur ouvrirait ainsi une ère nouvelle de richesse et de prospérité à tous les villages de l'Ouad R'ir, et l'introduction de nos méthodes de forage dans ces pays reculés serait un im-

mense bienfait pour les populations actives et industrieuses de cette portion du Sahara.

La hauteur de Tuggurt, observée dans la partie supérieure de la ville, est de 54 mètres au-dessus du niveau de la mer, et les jardins qui s'étendent dans la plaine sont à 8 mètres environ en contre-bas, soit à 46 mètres.

En se dirigeant sur Témaçin, on continue à suivre un terrain gypseux, peu ondulé, dont la partie basse est occupée par un marais salé, pour lequel j'ai trouvé une altitude de 44 mètres. La ville de Témaçin, dont l'importance ne le cède en rien à celle de Tuggurt, est pourvue d'eau, ainsi que sa rivale, au moyen de puits forés; ils paraissent même plus abondants, et les eaux vives circulent de toutes parts dans les jardins qui forment, autour de la ville, un horizon de verdure. La profondeur des puits varie, comme à Tuggurt, entre 40 et 60 mètres. **Témaçin.**

La plaine du Sahara se poursuit, après Témaçin, avec ses faibles ondulations et ses marais salés jusqu'à la limite de la région des oasis. La nappe artésienne se continue également dans la région du sud-ouest; mais le niveau de la nappe aquifère se rapproche du sol. A Blidet Amer, village éloigné de six lieues de Témaçin, la hauteur des puits ne dépasse jamais 40 mètres. A Ouaregla, d'après le journal de voyage d'el Aïachi (1), la profondeur des puits est de 50 k'ama, et l'on traverse, pour atteindre la nappe, une marne que l'on appelle Hadjera Mousfah, ou pierre plate, qui livre passage aux eaux. La k'ama dont il est ici question n'est point, ainsi que l'a avancé le traducteur d'el Aïachi, une brasse de 1^{m},65 de longueur, mais bien l'unité adoptée dans le creusement **Ouaregla.**

(1) *Voyage d'el Aïachi*, traduit par M. A. Berbrugger, p. 55.

des puits forés que nous avons déjà eu occasion de mentionner, et qui vaut $0^m,625$, la profondeur des puits est ainsi de $31^m,25$; d'après les renseignements que j'ai recueillis, elle descend quelquefois jusqu'à 20 mètres. Les eaux de cette oasis sont toujours vives, elles coulent avec abondance sans que le sable vienne obstruer le bas des puits. Lorsqu'il est nécessaire de les curer, ou que les boisages ont besoin d'être remplacés, on descend, jusqu'au banc d'argile inférieur, un couffin rempli de noyaux de dattes qui bouche l'orifice et qui arrête l'eau; on nettoie le puits, on pose de nouveaux cadres, et l'eau remonte aussitôt que l'on a enlevé le tampon qui interceptait sa sortie.

Hammad el Kebir. Au delà d'Ouaregla, on manque de données précises sur la configuration du sol; toutefois, un passage du voyage cité indique, entre el Goléa et Ouaregla, à huit journées de marche d'el Goléa, une montagne très-élevée, el Hammad el Kebir : « *Montagne qui n'a pas sa pareille dans le pays de R'arb.* » Le pays de R'arb ou du couchant (pays de Garbe des anciens géographes français) doit s'entendre ici du Maroc, dans lequel la chaîne de l'Atlas atteint une grande hauteur. En tenant compte de l'exagération qui peut entrer dans le récit d'el Aïachi, on est conduit à admettre que le Hammad el Kebir présente une altitude considérable et une notable étendue, car ce pélerin met six jours à le traverser. Cette montagne est composée de rochers très-durs, blessant les pieds des voyageurs, qui paraissent devoir appartenir aux roches compactes de la formation secondaire; car les roches tertiaires qui s'étendent de Biskra à Témaçin, et, sans doute, à Ouaregla, ne comprennent que des bancs gypseux, des marnes et des argiles peu résistantes et faciles à parcourir. Le Hammad el Kebir doit être, d'après la direction générale de la route

suivie par el Aïachi, qui marche de Touat sur Tuggurt, au sud-ouest d'Ouaregla, et paraît ainsi devoir, si l'on peut baser une présomption sur des indications aussi incomplètes, former au sud-ouest la limite du bassin artésien des oasis sahariennes. Sa coïncidence avec la limite naturelle entre le Sahara algérien et le désert proprement dit, fournit un nouvel argument en faveur de l'opinion que je viens d'émettre, si l'on réfléchit à la connexion intime qui existe entre les limites géographiques naturelles et la nature géologique des bassins ou des groupes montagneux qui leur correspondent, et il est remarquable que M. A. Boué ait également figuré au sud d'Ouaregla, dans son essai d'une carte géologique du globe terrestre, une bande de terrain secondaire dirigée sensiblement de l'est à l'ouest, et paraissant se relier aux terrains du même âge de la régence de Tripoli et du Maroc.

En partant de cette supposition, et en se reportant aux détails donnés précédemment, on voit que le terrain compris entre Biskra et Ouaregla se compose d'assises horizontales ou très-peu inclinées, formées par la même succession de bancs de marnes, de gypse et d'argiles qui prolongent à l'ouest et à l'est, aussi loin que la vue peut s'étendre, leurs surfaces ondulées, et que l'on doit rapporter à la partie supérieure du terrain tertiaire. Si l'on supprime par la pensée les alluvions anciennes de l'oued Biskra et de l'oued Djedi, les couches se poursuivent sur tout cet espace et forment un immense plateau qui n'est interrompu que par des dépressions peu prononcées, dues aux érosions anciennes qui ont entaillé ce terrain, et dont les cailloux roulés de calcédoine et de silex qui recouvrent quelquefois des surfaces de plusieurs lieues attestent encore le passage. Conclusion.

Le relief de cette formation s'abaisse de Biskra, élevé de 111 mètres au-dessus du niveau de la mer, jusqu'au Chott Melr'ir, où il n'est que de — 28 mètres; il se relève ensuite, présente une hauteur de 54 mètres à Tuggurt, et se continue par une série de plaines et de collines jusqu'à Ouaregla, où elle s'appuie sur la formation secondaire. Ce bassin fermé paraît s'étendre à l'est jusqu'au bord de la mer; à l'ouest, il se relève et constitue les collines d'el Feïadh ou d'el Chebka, voisines d'el Ar'ouat, à l'ouest desquelles on arrive au bassin supérieur de l'oued Djedi.

Eaux artésiennes.

Les dépressions existant dans la portion sud du bassin renferment une bande étroite de cultures alimentées par des eaux jaillissantes, que l'on atteint à une profondeur sensiblement uniforme, dans les groupes d'oasis de Témaçin, de Tuggurt, de Tammerna et de Mr'eïr, malgré les différences de niveau que présente le terrain de ces oasis. L'examen des lieux, la nature, la disposition régulière des couches, dont la faible inclinaison échappe à nos organes, ne permettent point de supposer que l'existence de la nappe aquifère soit un phénomène local circonscrit à chaque groupe d'oasis, et l'on doit admettre que cette nappe partage, depuis Ouaregla jusqu'à Mr'eïr, l'inclinaison du sol, et plonge faiblement vers le nord. Les couches, se relevant depuis le Chott Melr'ir jusqu'au pied des Aouress, on doit en inférer que la nappe aquifère se relève également, et vient s'appuyer sur la formation secondaire, en plongeant vers le sud, conformément aux conclusions que l'on tire de l'étude directe des couches qui bordent au nord la plaine du Sahara.

Le pendage sud de la nappe aquifère n'a point été atteint jusqu'ici, et la ligne d'oasis de l'Ouad R'ir s'arrête au milieu de la plaine saharienne, sans que cette

disposition paraisse motivée par les indications que l'on observe au jour ; car on ne peut supposer avec les indigènes que leurs dattiers soient alimentés par une rivière souterraine. L'expression de Bahar tât el Ardh, ou de mer souterraine, qu'ils emploient quelquefois, paraît correspondre d'une manière beaucoup plus fidèle au phénomène naturel qui assure la vie et la fécondité à leur pays, et j'estime que la sonde permettra d'établir à l'est et à l'ouest de ces oasis, dans toute l'étendue des dépressions du plateau saharien, de nouvelles cultures. On pourrait également entreprendre, avec chance de réussite, des forages artésiens dans la portion nord de la plaine du Chott, dans la plaine de Sethil, et dans celle de Chegga, dont les altitudes sont inférieures au niveau hydrostatique que présente la nappe aquifère dans les groupes d'oasis de Tuggurt et de Témâçin. L'analyse des terres végétales de ces trois localités, comparée à celle des terres productives de l'Ouad R'ir, montre que les cultures s'y développeraient avec succès. En complétant cette ligne d'oasis par un village établi auprès de Sâada, qui serait pourvu d'eau au moyen d'un barrage établi sur l'oued Biskra, la route de Biskra à l'Ouad R'ir présenterait dans son développement une série de centres de population qui offriraient aux caravanes et aux voyageurs l'abri et les ressources nécessaires. La distance qui séparerait ces points habités pourrait être facilement franchie en une étape, elle serait en effet :

Route de Biskra à Tuggurt.

De Biskra à Sâada.	de	4	lieues.
De Sâada à la plaine de Chegga.	de	8	
De Chegga à Sethil.	de	5	
De Sethil à la plaine du Chott. .	de	3	
De la plaine du Chott à Mr'eïr. .	de	6	
Total.		26	lieues.

et les résultats obtenus dans les forages précités per-

mettraient d'établir, d'une manière plus précise, la limite des conquêtes que la sonde artésienne peut être appelée à faire sur ces régions désertes, ainsi que sur les populations pillardes et vagabondes qui les parcourent.

Note sur les observations barométriques.

Les hauteurs qui sont citées dans le cours de ce mémoire et qui figurent dans les planches qui l'accompagnent ont toutes été calculées à la suite d'observations barométriques simultanées exécutées dans la kasbah de Biskra et aux divers points de station, qu'on a rapportés à l'altitude de Biskra, prise pour point de départ. Cette altitude a été calculée en comparant les moyennes des observations faites à Biskra et à Constantine pendant l'année 1846, par MM. les docteurs Massip et Vital; ces observations qui peuvent offrir quelque intérêt par leur ensemble sont reproduites à la fin de cette note; elles ont donné pour moyenne :

Biskra. . . .	Moyenne de la colonne barométrique.	h	755^{mm},62
	Moyenne du thermomètre.	t	23° 61
	Latitude.		34° 57′
Constantine.	Moyenne de la colonne barométrique.	h'	709^{mm},35
	Moyenne du thermomètre.	t'	18° 19
	Latitude.		36° 22′

En calculant d'après la table d'Oltmann la différence de ces deux points, on a :

Pour 755^{mm},62.	6.104,57 (a)	
Pour 709^{mm},35.	5.601,42 (b)	
($a-b$).	503,15	
Pour ($t-t'$) = + 5° 48′.	8,02	
Hauteur approchée ($a-b-c$).	495,13	
1re correction $\frac{a-b-c}{1000} \times 2(t+t')$. . . .	41,45	
Somme.	536,58	
2° correction pour 536^{m} et 35° latitude	2,18	
Hauteur.	538,76	soit 539^{m}.

Or l'altitude de la rue Caraman, à Constantine, dans laquelle était placé l'un des baromètres, est de 650 mètres, la hauteur de Biskra A′ = A − H est donc de 111 mètres.

Cette hauteur une fois adoptée, Batna a été rattaché à Biskra, en comparant la moyenne de 26 observations simultanées faites

du 3 au 17 mars 1848, et l'altitude de Batna a servi à déterminer celle de tous les points situés dans la chaîne des Aouress. Quant aux observations du Sahara proprement dit, elles ont toutes été rapportées aux observations faites à peu près aux mêmes heures à Biskra, et pour la plupart des points il y a eu plusieurs observations; ainsi la hauteur de Tuggurt résulte de la moyenne de 14 observations, faites dans une période de 5 jours. Celle d'el Faïdh de 9 observations faites en 3 jours, celle de Khanga de 7 observations et ainsi des autres. Ces observations étant faites dans une même plaine dans laquelle les variations de l'atmosphère doivent se transmettre rapidement au travers de l'espace, il y a tout lieu de regarder les résultats obtenus comme aussi exacts que le comporte le mode de nivellement barométrique, et je n'ai eu à rejeter qu'un très-petit nombre d'observations que les variations diurnes avaient amené à donner des résultats contraires à la réalité, il ne s'agissait d'ailleurs dans tous ces cas que de différences de niveau peu importantes entre diverses parties d'une plaine ou d'un rideau de collines.

La hauteur de Constantine, qui sert de base à tout ce nivellement, a été déterminée par des observations géodésiques. En partant de la hauteur du baromètre au niveau de la mer, on arrive à des résultats un peu différents. Les observations de M. Schouw apprennent que la hauteur de la colonne barométrique varie au bord de la mer, elle va en croissant de l'équateur au 33e degré et diminue ensuite à mesure que l'on avance vers le nord, elle est ainsi:

A Tripoli, par 33° latitude, de 767^{mm},41 à 0°,
A Palerme, par 38° latitude, de 762^{mm},95 à 0°.

En calculant par interpolation la hauteur du baromètre au bord du golfe de Gabès, par le 34e degré, on trouve 766^{mm},63. La hauteur barométrique à Biskra réduite à 0° est de 752^{mm},83. En comparant ces deux hauteurs, on a:

$$\begin{array}{rr} a = & 6.219,75 \\ b = & 6.075,10 \\ \hline \text{d'où } (a-b) = & 144,65 \end{array}$$

et l'on déduit 145 mètres pour la hauteur de Biskra; cette cote, qui ne diffère de celle que j'ai adoptée que de 34 mètres, ne modifierait que les chiffres donnés précédemment, et n'altérerait point les conclusions que j'ai pu en déduire sur le bassin fermé du lac Melr'ir et sur les différences de niveau existantes dans le plateau saharien.

En l'absence de renseignements précis sur la hauteur du baromètre au bord du golfe de Gabès, et sur les observations

qui ont servi à déterminer la hauteur de la colonne barométrique de Tripoli, qui produit un jarret assez brusque dans la courbe des hauteurs au bord de la mer, j'ai conservé l'altitude que j'ai calculée plus haut pour Biskra; et toutes les cotes de hauteur dont le détail suit ont été, comme je le disais ci-dessus, rapportées à cette base.

Relevé des altitudes des Zibân et de l'ouad R'ir.

Aouress.

Batna, pavillon des officiers. . .	1059
Col de partage des eaux auprès de Batna.	1192
Plaine d'el Ksour, au Ras el Ma.	972
Oued Fedala.	678
El Kantra, maison des Hôtes, rive gauche.	499
El Kantra, maison du Scheick, rive droite.	528
El Outaïa, place devant le village.	257

Zâb Dahari.

Biskra, Kasbah.	111
Défilé de l'oued Djouzni.	392
Col de Saïla.	452
Teniet el Chgouïg.	495
Teniet el Thinn.	616
Pied du Djebel Nefad.	515
Oued el Melah.	94
Rideau de terrain après Biskra.	151
Le même, près de Bou Chagroun.	161
Ain Mlili.	162
Bou Chagroun, maison du Scheick.	156
Lichâna, *id.*	192
Zaatcha, source de Zaouïa. . . .	204
Tolga, maison du Scheick. . . .	156
El Amri, *id.*	175
Mamelon, avant Douçen.	209
Id. 2[e] station.	229
Douçen, bord du ruisseau. . .	237

Zâb Guebli.

Lioua, plateau des nitrières. . .	103
Ben Thious, jardin de l'Oasis. . .	99
Ourlal, maison du Scheick. . . .	96
Mlili, place devant le village. . .	91
Oumach, pointe sud de l'Oasis. .	95
Aïn Oumach.	98

Zâb Chergui.

Chetma, jardin de l'Oasis.	119
Aïn Chetma.	142
Droueu.	185
El Habel.	293
M'chounech.	390
Seriana, porte du village.	229
Garta, champ de blé au sud. . .	233
Oued Maïlha.	258
Debbia, cultures d'orge.	197
Zeriba, maison du village.	184
Liana, porte de la mosquée. . .	225
Khanga sidi Nadji, maison du scheick.	254
Badess, plaine au-dessous du village.	183
De Badess à el Faïdh, 1[re] station.	93
Id. 2[e] station.	28
El Faïdh (plateau des O. Amer). .	—41
D'el Faïdh au Chott, 1[re] station.	—65
Id. 2[e] station.	—76
Au delà du Koudiat Gartoufa. . .	—85
D'el Faïdh à sidi Salah, 1[re] station.	—39
Id. 2[e] station.	—36
Sidi Salah, porte de la mosquée.	—29
Zmala du Scheick el Arab. . . .	18
Zmala du Scheick des O. Saoula.	43
Sidi Okba, maison de Bel Hadj.	44

Oued Djedi.

Sâada, rive droite de l'oued Djedi.	35
Plateau au delà de l'oued Djedi, à Bir Chefeur.	68
Aïn Chegga.	55
Sethill, auprès de l'O. el Bahadj.	13
Chott Melr'ir.	—28

Ouad R'ir.

Mr'eïr, maison du Scheick	—20
Aïn el Kerma.	—12
Sidi Khelil, plaine au nord du village.	— 8
Plateaux de gypse du Drâ mta Abderziz.	39
Aïn Refien.	12
Aïn Cherier Armel.	16
Ourlâna, maison du Scheick. . .	14
Tammerna-la-Vieille, nord-ouest de la ville.	39
Sidi Rached, porte du nord. . . .	43
Plateaux entre Tammerna et Meggar.	48
Chott entre Meggar et Tuggurt, 1[re] station.	40
Id. 2[e] station.	32
Tuggurt, maison du beau-frère de ben Djellab.	54
Chott entre Tuggurt et Témâçin.	44
Témâçin.	56

Tableau des observations barométriques et thermométriques faites à Biskra et à Constantine en 1846.

MOIS.	BISKRA.										CONSTANTINE.									
	BAROMÈTRE.					THERMOMÈTRE.					BAROMÈTRE.					THERMOMÈTRE.				
	8 heures.	12 heures.	3 heures	10 heures.	Moyennes.	8 heures.	12 heures.	3 heures.	10 heures.	Moyennes.	8 heures.	12 heures.	3 heures.	9 heures.	Moyennes.	8 heures.	12 heures.	3 heures.	9 heures.	Moyennes.
Janvier. . .	759,76	759,92	760,15	760,46	760,07	10,09	14,57	15,22	11,31	12,81	711,41	711,60	710,81	710,97	711,19	5,92	9,60	9,69	6,35	7,89
Février. . .	759,01	759,09	758,19	758,12	758,60	13,01	17,80	18,60	14,25	15,92	711,81	711,54	710,81	711,42	711,39	8,41	14,08	14,80	9,22	11,62
Mars. . . .	754,77	755,40	754,50	754,97	754,91	15,94	20,83	22,26	18,95	19,50	709,61	709,45	708,71	709,39	709,29	11,53	15,11	16,08	10,65	13,34
Avril. . . .	752,24	752,63	751,72	752,91	752,37	20,12	25,70	28,07	22,67	24,10	707,11	707,18	706,17	706,42	706,72	14,98	19,97	19,36	13,75	17,01
Mai.	752,63	753,27	752,20	752,45	752,64	23,20	27,71	29,46	25,79	26,54	707,37	707,32	706,95	707,40	707,26	20,62	24,18	23,79	16,83	21,35
Juin.	756,40	756,63	755,77	755,41	756,05	33,46	37,28	38,92	35,27	36,32	711,42	711,39	710,78	710,87	711,12	25,34	28,79	29,04	21,26	26,10
Juillet . . .	760,19	759,96	759,82	759,39	759,84	32,70	36,08	37,67	34,13	35,14	712,55	712,42	711,75	711,74	712,12	29,37	33,37	34,26	25,35	30,58
Août. . . .	755,09	755,11	754,61	754,29	754,78	32,71	35,07	37,03	33,74	34,61	710,43	710,40	710,02	709,82	710,17	27,16	31,57	31,72	24,55	28,75
Septembre.	755,12	755,77	754,88	754,69	755,11	26,56	28,91	29,94	26,40	27,95	710,10	710,15	709,64	709,21	709,77	21,26	24,67	25,30	19,75	22,74
Octobre.. .	754,58	754,37	754 05	753,99	754,25	20,07	23,10	23,91	21,64	22,18	708,45	708,23	707,53	708,11	708,08	15,83	19,55	20,04	14,48	17,47
Novembre.	755,93	756,15	755,49	755,88	755,86	15,42	17,74	18,82	17,11	17,28	710,42	710,00	709,87	709,76	710,01	10,63	15,17	16,74	11,79	13,58
Décembre..	753,06	753,13	752,82	753,00	753,00	10,25	12.40	12,90	11,29	11,71	705,28	705,39	704,94	704,91	705,13	5,55	9,22	10,39	6,24	7,85
Moyennes.	755,73	755,95	755,34	755,46	755,62	21,12	24,76	26,06	22,71	23,67	709,66	709,58	708,99	709,17	709,35	16,38	20,44	20,94	15,02	18,19

EXPLICATION DES PLANCHES.

Pl. IV. Carte des Zibân et de l'ouad R'ir.

Cette carte a été dressée d'après celles du dépôt de la guerre pour ce qui concerne le massif des Aouress, et pour les Zibân. L'Ouad R'ir et les autres pays du sud d'après mes itinéraires dans les portions que j'ai parcourues et sur les documents inédits que le commandant de Saint-Germain avait recueillis pendant son commandement des Zibân, et qu'il avait bien voulu mettre à ma disposition. J'ai également consulté les notes que mes compagnons de voyage, MM. Dubosquet et de Chevarrier, ont prises de Birkra à Tuggurt.

J'ai cherché à rendre le terrain aussi fidèlement que possible et j'ai tracé sur la carte ainsi formée, la limite de séparation des terrains crétacés et tertiaires, sans chercher à indiquer les subdivisions que peuvent présenter ces terrains, mon seul but étant de faire connaître la disposition d'ensemble de ces deux formations, et de faciliter ainsi la lecture de mon travail sur le pays que la carte embrasse.

Pl. V et VI Coupes géologiques.

Les *fig.* 1, 2 et 3 produisent à l'échelle du 1/400,000^e la coupe des terrains compris entre el Kantra et Tuggurt; toutes les distances ont été projetées sur un plan fictif passant par Tuggurt et Biskra, auquel j'ai rattaché les coupes d'el Kantra, bien qu'elles soient à l'est de ce plan. L'échelle des hauteurs est de 1/40,000^e pour la *fig.* 1; pour les deux autres, j'ai été conduit, pour rendre les différences de niveau appréciables, à adopter celle de 1/4,000 qui est centuple de celle des longueurs horizontales, mais il est facile de rétablir, sinon par le trait, du moins par la pensée, ces profils en vraie grandeur.

Dans les autres coupes, j'ai conservé autant que possible les distances horizontales, mais il n'y a aucune relation entre ces distances et les hauteurs, et ce sont plutôt des coupes théoriques que des reproductions exactes des dispositions du terrain.

J'ai pensé qu'il y aurait peut être quelque intérêt à joindre à ces coupes un croquis de la ville de Tuggurt; il a été dressé en mesurant au pas la circonférence de la ville et ses deux dimensions principales, et orienté à la boussole de géologue; les événements politiques qui se passaient à l'époque de mon voyage dans l'ouad R'ir (en mars 1848), m'ayant conduit à abréger notablement le séjour que je comptais y faire, ne m'ont point permis de tirer parti des instruments plus exacts que j'avais emportés.

EXTRAIT

DU RAPPORT DE LA COMMISSION DE SURVEILLANCE DES BATEAUX A VAPEUR ÉTABLIE A ROUEN,

SUR LE NAUFRAGE DE *L'UNION* N° 2.

Le dimanche 11 juillet 1852, vers dix heures du soir, le bateau à vapeur l'*Union* n° 2, après avoir fait quatre voyages entre la Bouille et Rouen, venait d'aborder au quai de cette dernière ville. A peine avait-on jeté la planche sur laquelle les voyageurs devaient passer à terre, que le bateau, chargé de beaucoup plus de 600 personnes, nombre maximum qu'il était autorisé à porter, sombra complétement (1).

Ce bateau, comme l'indique la Pl. VII, est d'une forme particulière. Il n'a qu'une roue placée à son centre entre deux longues coques en tôle, désignées sous le nom de cônes, sur lesquelles repose un premier pont *bb* (*fig.* 2), qui porte l'appareil moteur et les salons *c*, *d*. La section horizontale de ces cônes dans la partie verticale de leurs parois présente une surface totale de $130^{mq},22$. Un second pont *aa*, formé par les plafonds des salons, quoique moins étendu que le premier, reçoit aussi les voyageurs ; c'est la place de quart du timonnier et du capitaine.

Les cônes prennent jour chacun par quatre orifices dont trois petits *g* désignés sous le nom de trous d'homme

---

(1) Le silence du présent rapport et quelques lignes du *Moniteur* du 14 juillet permettent de croire que personne n'a péri.

et un grand *h* qui permet la rotation de la manivelle de la roue et les oscillations de la machine alimentée par trois chaudières *e* capables de contenir, quand elles sont remplies jusqu'à la ligne réglementaire, un volume d'eau de 7^{m^3},668 (1).

L'invariabilité du profil de chaque cône est déterminé :

1° Transversalement, par des fers de cornières, distants de 0^m,80 les uns des autres, et par deux madriers solidement fixés qui contournent et couvrent extérieurement, sur 0^m,14 de hauteur, la partie supérieure de la carène. Celui de ces madriers *y* qui adhère au platbord porte le nom de *liston ;*

2° Verticalement, par deux poutres horizontales occupant l'axe du cône sur toute sa longueur, reliées par des entretoises nombreuses et placées (*fig.* 4) l'une au-dessous du pont, l'autre *x* sur le fond du cône. Cette dernière est appelée *carlingue.*

Quelques détails sont encore indispensables, parce qu'en décrivant les cônes nous touchons à la cause de l'accident. Sur la paroi du *bord-dehors* (1), la tôle s'élèvé à peu près jusqu'au-dessous du pont inférieur ; elle est pincée à son sommet entre le liston et une seconde pièce disposée semblablement à l'intérieur. Mais la tôle de la paroi du *bord-dedans* est clouée au madrier contre lequel elle s'appuie, et son bord supérieur reste, en

(1) La machine n'ayant joué aucun rôle dans l'accident, il n'y aurait aucune utilité à la décrire; on donne seulement ici le volume d'eau des chaudières, parce que son poids (7.668 kil.) est un des éléments utiles pour apprécier la hauteur de la ligne de flottaison qu'on n'a pu mesurer quand le bateau, remis a flot, s'est trouvé vide.

(2) On appelle *bord-dehors* la partie qui touche au *liston*, et par opposition *bord-dedans* le bord opposé des cônes. La roue tourne entre les deux *bords-dedans*.

général, à o^{m},30 au-dessous du tablier du pont inférieur. Or, un examen attentif a permis de constater que, tant à bâbord qu'à tribord, ces feuilles de tôle n'étaient pas complétement en bon état. De nouvelles feuilles intercalées derrière les anciennes, il y a quelques années, étaient mal attachées et, au lieu d'être adhérentes au bois, en étaient séparées par des vides de o^{m},002 à o^{m},003. Les madriers eux-mêmes étaient, dans quelques parties, pourris sur une épaisseur d'un centimètre; les joints n'étaient pas calfatés intérieurement.

Toutes ces petites avaries qui préexistaient à l'accident, jointes à une surcharge qu'il n'a pas été possible de constater exactement, ont fait que le 11 juillet le bateau, à partir de la station dite *le Croisset*, s'est successivement enfoncé et même a penché vers bâbord, parce que le cône de ce côté recevait une quantité d'eau que les pompes ne maîtrisaient plus. Au moment de l'arrivée au quai de Rouen, le pont inférieur était submergé dans la moitié de sa longueur, et lorsque les voyageurs se sont portés vers bâbord (c'est-à-dire vers la partie qui penchait déjà) pour débarquer, le bateau a tout à coup sombré.

La commission de Rouen a, dans ses conclusions, fait peser la responsabilité :

1° Sur le sieur Demetz, directeur de la compagnie, qui était à bord le 11 juillet et s'était chargé d'une partie de la surveillance;

2° Sur le sieur Gardin, qui commandait le bateau ce jour-là, en l'absence du capitaine Gondouin, sans même en avoir obtenu l'autorisation préfectorale;

3° Sur le sieur Gondouin lui-même, capitaine officiel du bateau, à cause des avaries qui existaient dans certaines parties de la coque.

Enfin la commission terminait son rapport en indiquant quelques moyens de prévenir le retour d'un pareil accident dont les conséquences eussent pu être épouvantables. On doit penser que ce rapport, daté du 28 juillet 1852, a exercé une grande et juste influence sur les juges appelés à prononcer.

Le tribunal de police correctionnelle de Rouen, devant lequel l'affaire a été portée, a condamné le sieur Demetz à quinze jours de prison et 100 francs d'amende, et le sieur Gardin à six jours de prison et 50 francs d'amende.

SUR UNE NOUVELLE MÉTHODE

POUR OBTENIR DES COMBINAISONS CRISTALLISÉES PAR LA VOIE SÈCHE.

Par M. EBELMEN,
ingénieur des mines, professeur à l'École des mines (1).

J'ai eu l'honneur de présenter, il y a trois ans environ, à l'Académie des sciences l'exposé d'une nouvelle méthode de cristallisation par la voie sèche, qui m'a permis de reproduire, à l'état de cristaux parfaits, un certain nombre de combinaisons chimiques infusibles à la température de nos fourneaux, qu'on rencontre dans le règne minéral, et dont plusieurs sont des pierres rares et précieuses. Les cristaux obtenus étaient petits à la vérité, mais très-nets, et présentaient tous les caractères tirés de la forme, de la dureté, de la densité, de la composition chimique, de l'action sur la lumière polarisée qu'on observe dans les espèces minérales analogues. Les résultats que je soumets aujourd'hui viennent compléter et étendre ceux déduits de mon précédent travail; en modifiant les conditions de l'expérience, j'ai obtenu des cristaux, sinon plus nets, du moins bien plus volumineux que les premiers. J'ai étendu et varié

(1) Ce mémoire et le suivant ont déjà paru dans les *Annales de chimie et de physique* (livraisons de septembre 1851 et juillet 1852). La commission des *Annales des mines* n'est pas dans l'usage de reproduire dans toute leur étendue des travaux déjà publiés, quel que soit d'ailleurs leur mérite. Mais personne ne s'étonnera de l'exception faite en faveur des dernières productions de l'ingénieur si distingué dont la science et le corps des mines déplorent la perte prématurée. C.

les expériences sur l'emploi des divers dissolvants de la voie sèche, et j'ai pu préparer ainsi quelques nouvelles combinaisons cristallisées analogues à des espèces minérales connues, et qui me paraissent fournir des types auxquels on doit rapporter la composition de ces espèces.

On me permettra de rappeler ici, en quelques mots, le principe de la méthode qui m'a servi pour obtenir ces combinaisons.

Les chimistes obtiennent beaucoup de combinaisons cristallisées en dissolvant dans l'eau, l'alcool ou d'autres liquides appropriés, les éléments de ces combinaisons, et en soumettant le tout à l'évaporation spontanée. Quand la liqueur est saturée, le corps dissous se sépare à l'état de cristaux, qui tantôt renferment, tantôt ne renferment pas en combinaison une certaine proportion définie du dissolvant au milieu duquel ils se sont formés. Or, nous connaissons des corps qui sont volatils à de très-hautes températures et qui cependant, à un degré de chaleur un peu moindre, sont des dissolvants énergiques pour la plupart des oxydes métalliques infusibles à ces températures. L'acide borique, le borax, l'acide phosphorique, certains phosphates alcalins sont dans ce cas. Il était naturel de penser qu'en abandonnant à l'évaporation, à une haute température, une dissolution de certains oxydes dans un de ces corps vitreux, on parviendrait à obtenir des combinaisons cristallisées. L'expérience a complétement vérifié cette prévision.

Dans mes premiers essais, je me suis principalement servi d'acide borique comme dissolvant. Les expériences ont été faites à la chaleur des fours à porcelaine de Sèvres. Les conditions étaient loin d'être favorables pour obtenir des cristaux un peu volumineux. On sait,

en effet, que la cuisson de la porcelaine se fait dans ces fours, en élevant lentement leur température jusqu'à la chaleur blanche, et qu'on arrête le feu, quand on a atteint cette limite, après vingt-quatre ou trente heures à partir du commencement de la cuisson. L'évaporation de l'acide borique ne pouvait donc avoir lieu que pendant les cinq ou six dernières heures de feu, et à des températures variant d'une manière progressive. La quantité de matière sur laquelle on pouvait opérer était forcément limitée par cette circonstance, et l'on conçoit qu'il n'ait pas été possible d'obtenir des cristaux plus volumineux que ceux qui ont été présentés à cette époque à l'Académie. Je faisais remarquer, à la fin de mon mémoire, que l'emploi d'un four à feu continu et à température suffisamment élevée, permettrait très-probablement d'obtenir les mêmes cristaux avec des dimensions bien plus considérables, et, par conséquent, de faire des applications industrielles de cette méthode de cristallisation.

Un de nos industriels les plus distingués, M. Bapterosses, fabricant de boutons en pâte céramique à Paris, a bien voulu mettre à ma disposition les fours à feu continu dont il se sert pour la cuisson de ses boutons. Les moufles dans lesquelles s'opère cette cuisson sont constamment chauffées à la chaleur du blanc naissant. Cette température est peut-être inférieure à celle à laquelle on arrive dans les fours à porcelaine, mais l'expérience a prouvé qu'elle était parfaitement suffisante pour le but que je me proposais.

Les résultats dont j'ai maintenant à rendre compte à l'Académie ont été obtenus, soit dans les fours à porcelaine de Sèvres, soit dans les fours de M. Bapterosses. J'exposerai d'abord ceux qui concernent les minéraux de la nombreuse famille des spinelles.

Du spinelle magnésien, ou aluminate de magnésie.

J'ai obtenu, en 1847, le spinelle magnésien en cristaux bien nets, présentant l'octaèdre régulier ou l'octaèdre tronqué sur toutes ses arêtes, l'octaèdre émarginé de Haüy. Les cristaux que j'ai présentés étaient colorés en rose par l'oxyde de chrome, comme le rubis spinelle de la nature; d'autres étaient incolores quand ils étaient obtenus avec l'alumine et la magnésie seulement. Une petite quantité d'oxyde de cobalt a donné des octaèdres d'un très-beau bleu. L'addition de l'oxyde de fer a donné des octaèdres semblables au pléonaste.

J'ai répété les expériences dans une des moufles de M. Bapterosses, en opérant sur une plus grande quantité de matière. J'ai employé dans une des expériences jusqu'à 500 grammes de mélange d'alumine, de magnésie, de chromate de potasse et d'acide borique, et la capsule qui le renfermait est restée dans le four pendant huit jours consécutifs.

Les cristaux de spinelle qui ont été obtenus sont parfaitement reconnaissables à l'œil nu. Ils sont sous la forme d'octaèdres tronqués sur les douze arêtes; quelques-uns ont jusqu'à $0^{m},003$ et $0^{m},004$ de côté. Ceux qui se sont formés les premiers sur le fond de la capsule sont très-fortement colorés. Les derniers obtenus, qui sont les plus volumineux, ne présentent plus qu'une très-légère teinte rosée; quelques-uns même sont complétement incolores, ce qui prouve que la matière colorante, l'oxyde de chrome, s'est concentré dans les premiers produits de la cristallisation. Ils sont généralement transparents, et leurs faces possèdent un très-grand éclat.

J'ai pu déterminer facilement, avec le goniomètre à réflexion, les angles d'un des cristaux obtenus qui se

présentait sous la forme de l'octaèdre émarginé. Voici les nombres obtenus mis en regard des angles déduits du calcul :

	Observation.	Calcul.
P sur C =	144°50′	144°44′ 8″
P sur P =	109 30	109 28 16

Les autres caractères minéralogiques sont identiques à ceux du spinelle magnésien naturel. Je n'ai rien à ajouter à cet égard aux indications de mon premier mémoire.

Les résultats obtenus dans les moufles de M. Bapterosses ne me laissent aucun doute sur la possibilité de fabriquer industriellement le rubis spinelle.

Spinelle zincifère ou gahnite.

Cette espèce n'avait pas été préparée par moi dans mon premier travail. L'atmosphère des fours à porcelaine étant toujours notablement réductive, le zinc était volatilisé en grande partie pendant la cuisson, et les résultats de l'expérience ne présentaient rien de satisfaisant. J'ai été plus heureux dans les essais que j'ai faits dans les moufles de M. Bapterosses.

Dans une première expérience, j'ai employé les proportions suivantes, qui correspondent à peu près à 1 équivalent de chacun des deux oxydes :

Alumine.	6	grammes.
Oxyde de zinc.	5	—
Acide borique fondu. . .	6	—

La matière est restée dans la moufle pendant dix-huit heures ; elle s'était transformée en un amas de petits octaèdres réguliers, transparents et incolores. Ils rayent le quartz sans difficulté. Ils ont été purifiés en les laissant en digestion avec de l'acide chlorhydrique

qu'on a renouvelé tant qu'il a dissous quelque chose.

La densité des cristaux a été trouvée égale à 4,58 à la température de 10°,5.

Leur analyse a été faite au moyen du bisulfate de potasse. On a séparé l'alumine de l'oxyde de zinc par l'hydrogène sulfuré dans une liqueur acétique. On a obtenu :

Alumine.	35,9
Oxyde de zinc.	44,1
	100,0

résultats qui correspondent exactement à ceux que fournit le calcul de la formule Al^2O^3, ZnO.

Dans une seconde préparation, j'ai opéré sur des masses plus considérables, et j'ai cherché à déterminer si le spinelle zincifère se colorerait par l'oxyde de chrome de la même manière que le spinelle magnésien.

J'ai employé les proportions suivantes :

Alumine.	25	grammes.
Oxyde de zinc.	30	—
Acide borique fondu. . .	35	—
Bichromate de potasse. .	1	—

La capsule est restée dans la moufle pendant cinq jours ; une partie de la matière était encore liquide au bout de ce temps. On a mis la capsule de platine en digestion dans l'acide chlorhydrique faible pour dissoudre les borates en excès. Au bout de quelques jours, on a vu apparaître des cristaux transparents d'une magnifique couleur de rubis, qui présentent, comme le spinelle magnésien, la forme de l'octaèdre émarginé. Leur forme est parfaitement déterminable à l'œil nu ; quelques-uns ont de $0^m,002$ à $0^m.003$ de côté.

L'oxyde de zinc est très-notablement en excès dans le mélange qui a été fait pour cette seconde expérience.

Il en résulte la formatiou d'un borate de zinc fusible, qui sert, pour ainsi dire, d'eau mère pendant la cristallisation, et facilite le développement des cristaux. Cette expérience prouve que le spinelle à base d'oxyde de zinc peut se colorer en rouge par l'oxyde de chrome tout aussi bien que l'aluminate de magnésie. Il m'a paru même que la teinte des cristaux à base d'oxyde de zinc était plus riche, moins violacée que celle des rubis magnésiens.

L'aluminate de zinc n'a point encore été rencontré dans la nature à l'état de pureté. Le minéral connu sous le nom de *spinelle zincifère* ou *gahnite*, et qui se présente sous forme d'octaèdres réguliers colorés en brun ou en vert foncé, renferme toujours plusieurs centièmes d'oxyde de fer, auxquels il doit sa couleur et son opacité. Sa densité varie, suivant M. Beudant, entre 4,25 et 4,70.

Si l'on compare les propriétés des cristaux naturels que l'on désigne sous le nom de *gahnite* avec celles de l'aluminate de zinc obtenu artificiellement, on y trouvera, je pense, la preuve des services que la synthèse chimique peut rendre à la minéralogie, en lui fournissant les types des espèces auxquels les corps naturels analogues devront être rapportés. Nous reviendrons sur ce sujet à la fin de ce mémoire.

On peut facilement s'assurer que le volume atomique de l'aluminate de zinc est le même que celui de l'aluminate de magnésie. Celui-ci a pour densité 3,542. Son poids atomique est 892.

Le rapport de 892 : 3,542 = 25,2. Pour l'aluminate de zinc, on a le rapport de 1,148 : 4,58 = 25,1. Les volumes atomiques des deux composés peuvent donc être considérés comme à peu près identiques.

Alumine et oxyde de cadmium.

J'ai essayé de préparer, avec l'alumine et l'oxyde de cadmium, une combinaison analogue au spinelle zincifère.

On a placé dans une capsule de platine :

	gr.
Alumine.	7,5
Oxyde de cadmium. . . .	15,0
Acide borique fondu. . . .	12,5

Le mélange a parfaitement fondu à la température des moufles à cuire les boutons. Au bout de trois jours, la capsule a été retirée. Elle était recouverte de cristaux transparents et incolores, assez durs pour rayer le quartz, possédant un très-grand éclat, et qui affectent la forme de prismes rectangulaires de $0^m,006$ à $0^m,010$ de longueur; malheureusement ils ne sont pas terminés avec toute la netteté désirable. Leur densité est égale à 3,00. Ces cristaux ne renferment que de l'alumine et de l'acide borique. Tout l'oxyde de cadmium s'est volatilisé avec la majeure partie de l'acide borique. Les mêmes cristaux se produisent dans un grand nombre de circonstances. Nous reviendrons sur leurs propriétés et leur composition quand nous parlerons de la cristallisation de l'alumine.

Sur la cymophane.

Quand on expose à une haute température, dans un vase ouvert, un mélange en proportions convenables d'alumine, de glucine et d'acide borique, on peut obtenir, ainsi que je l'ai précédemment démontré, de petits cristaux qui présentent la forme, la dureté, la densité de la cymophane naturelle. Les cristaux obtenus dans les premières expériences n'étaient visibles

qu'au microscope, et leurs angles n'avaient pu être mesurés. La ténuité de ces cristaux était due principalement à ce que le borate d'alumine et de glucine n'avait qu'une liquidité fort imparfaite à la température à laquelle la cristallisation pouvait s'opérer. En employant des proportions d'alumine et de glucine différentes de celles qui correspondent à un équivalent de chacune des bases, les résultats obtenus n'ont pas été plus satisfaisants.

J'ai pensé qu'on obtiendrait une cristallisation plus nette en introduisant dans les matières à fondre une certaine proportion d'une base qui ne se combine pas à l'alumine, et qui forme, avec l'acide borique, un borate fusible et indécomposable à la chaleur blanche. J'ai employé, dans ce but, de la chaux. Le mélange à fondre a été composé dans les proportions suivantes :

	gr.
Alumine.	12,00
Glucine.	3,50
Carbonate de chaux. . .	10,00
Acide borique fondu. . .	14,00

Les matières ont été placées dans une capsule de platine, et introduites dans une moufle à cuire les boutons; elles y sont restées pendant sept jours consécutifs. La matière, mise en digestion dans l'acide nitrique, s'est désagrégée, et il s'en est séparé deux espèces de cristaux : les uns, en fibres soyeuses très-allongées, paraissent identiques à l'alumine boratée $(Al^2O^3)^3BO^3$, dont il sera question plus loin; les autres, bien plus volumineux et qu'il est facile d'isoler par le triage de l'alumine boratée, sont de la cymophane dans un état parfait de pureté.

Ces cristaux, dont quelques-uns ont $0^m,005$ à $0^m,006$ de longueur, sont transparents et présentent une très-

légère teinte verdâtre : ils rayent aisément la topaze. Leur densité a été trouvée à 12 degrés égale à 3,759.

D'après M. Beudant, la densité de la cymophane varie entre 3,65 et 3,8. M. Awdejew a trouvé 3,734 pour celle La densité des petits cristaux que j'avais préparés en 1847 avait été trouvée égale à 3,727.

L'examen des formes identifie complétement les cristaux obtenus avec la cymophane naturelle.

On sait que la cymophane a pour forme primitive un prisme rhomboïdal droit, sous l'angle d'environ 120 degrés. La plupart des cristaux naturels présentent une face g_1 parallèle à la petite diagonale de la base du prisme, et suivant laquelle les cristaux sont très-allongés. Il existe un clivage suivant la base P du prisme, et un autre suivant la face g_1, indiquée sur la base du prisme par des stries parallèles à la petite diagonale de la base.

Les cristaux artificiels de cymophane sont simples ou groupés.

Les cristaux simples présentent, comme les cristaux naturels, le prisme à six faces très-allongé suivant la face g_1, les deux faces M, M du prisme primitif, et les modifications e_1 à l'intersection de la face g_1 avec la base. Voici les angles que j'ai obtenus au goniomètre ; j'ai mis en regard les angles correspondants obtenus par M. Descloizeaux dans son travail sur la cymophane (1) :

Cristaux artificiels.		Cristaux naturels (Descloizeaux).
M sur M	120°,0	120°
g' sur M	120 ,0	120
g' sur P	90 ,0	90
e' sur P	154 ,55	155

(1) *Annales de chimie et de physique*, tome XIII, page 329.

On reconnaît très-nettement sur ces cristaux la trace d'un clivage parallèle à la base P du prisme.

Les cristaux groupés présentent généralement la mâcle en forme de cœur qui est si fréquente parmi les cristaux naturels. On sait que dans cette macle les deux faces verticales g_1, g'_1 des deux cristaux adjacents sont inclinées l'une sur l'autre de 60° 9'. Ces mâcles sont celles qu'on observe sur les cristaux du Brésil et de Haddam. On trouve aussi dans les cristaux artificiels des mâcles formées de trois cristaux groupés sous l'angle de 60 degrés, et qui sont analogues aux mâcles que présentent les cristaux de l'Oural.

Les cristaux artificiels présentent donc non-seulement les mêmes angles et la même forme primitive que les cristaux naturels, mais encore le *facies* ordinaire et les principaux accidents de la cristallisation de ceux-ci.

Les cristaux artificiels de cymophane agissent très-énergiquement sur la lumière polarisée. On s'en assure aisément avec l'appareil de Noremberg.

J'ai cherché à reconnaître, dans une autre expérience, si l'addition du chrome, comme matière colorante, donnerait aux produits la couleur verte des cristaux de l'Oural, ou la couleur rouge que prennent par cette addition le spinelle magnésien et la gahnite, qui cristallisent en octaèdres réguliers, mais qui ont une formule analogue à celle de la cymophane. J'ai ajouté au mélange 1 p. 100 de bichromate de potasse et j'ai conduit la cristallisation comme à l'ordinaire. Les cristaux obtenus ont la même forme que les cristaux incolores; ils sont seulement moins volumineux, quoique aisément déterminables à la loupe. Ils sont transparents et d'un vert un peu sombre. Cette colo-

ration verte fait place au violet rouge, soit par réflexion, soit par transmission, quand on examine les cristaux à la lumière artificielle.

La cymophane naturelle est presque toujours en cristaux roulés et arrondis; aussi n'est-ce que depuis peu de temps qu'on a pu en déterminer avec exactitude la forme cristalline. On pourra maintenant préparer aisément cette espèce bien cristallisée, et dans des dimensions assez notables pour qu'elle puisse figurer dans les cabinets de minéralogie.

Chromites.

On n'a trouvé jusqu'à présent dans la nature qu'une seule combinaison de l'oxyde de chrome avec les bases : c'est le fer chromé des minéralogistes, qui cristallise en octaèdres réguliers. Il renferme, outre les oxydes de fer et de chrome, des quantités notables d'alumine et de magnésie. M. Abich a montré qu'on pouvait rapprocher ce minéral des spinelles, en groupant ensemble l'alumine et le sesquioxyde de chrome, d'une part, et, de l'autre, le fer à l'état de protoxyde et la magnésie.

Cette assimilation n'était pas admise généralement par les minéralogistes. J'ai cherché, dans mon précédent travail, à préparer directement du fer chromé cristallisé, et j'ai réussi à en obtenir trois variétés différentes, cristallisées toutes les trois en octaèdres réguliers et présentant tous les caractères distinctifs de l'espèce naturelle. J'ai préparé, en outre, le chromite de magnésie Cr^2O^3, MgO, également en octaèdres réguliers.

Chromite de manganèse. J'ai indiqué, dans mon précédent mémoire, la préparation du chromite de manganèse ; on le prépare avec l'oxyde de chrome, l'oxyde de manganèse et l'acide borique, chauffés ensemble

sur du platine, dans le four à porcelaine. La matière d'un noir foncé que l'on obtient présente, au microscope, un grand nombre d'octaèdres réguliers. Le temps ne m'avait pas permis de séparer et d'analyser les cristaux.

On isole facilement les cristaux octaèdres en traitant la matière par l'acide chlorhydrique concentré et chaud, tant que cet acide dissout quelque chose. Le résidu insoluble comprend la matière cristalline, formée tout entière d'octaèdres réguliers d'un gris de fer demi-métallique. Leur densité est de 4,87 ; leur dureté est assez forte pour rayer le quartz : leur poussière est brune. Ils sont complétement inattaquables par les acides.

J'ai analysé cette matière en la traitant au creuset d'argent par la potasse et le nitre, qui l'attaquent très-aisément. On a repris par l'eau : la liqueur a été laissée quelque temps à l'air, et l'on y a ajouté quelques gouttes d'alcool pour précipiter tout le manganèse. Celui-ci a été redissous et précipité de nouveau par la potasse ; il a été dosé à l'état de protoxyde. Quant à la liqueur qui renfermait le chromate, je l'ai fait bouillir avec un excès d'acide chlorhydrique, auquel on a ajouté un peu d'alcool, puis l'oxyde de chrome a été précipité par l'ammoniaque. J'ai obtenu, en considérant le manganèse comme étant à l'état de protoxyde :

Sesquioxyde de chrome. . . .	69,1
Protoxyde de manganèse. . .	31,3
	100,4

La composition du chromite de manganèse peut donc être représentée aussi par la formule



$$(Cr^2O^3, MnO),$$

qui donnerait :

Cr^2O^3	956	68,2
MnO.	446	31,8
	1.402	100,0

Chromite de zinc. — Le chromite de zinc ne peut pas être obtenu dans le four à porcelaine à cause de l'action qu'exercent sur l'oxyde de zinc les gaz réducteurs de l'atmosphère du four. Je l'ai préparé en plaçant dans une des moufles du four à boutons le mélange suivant, renfermé dans une capsule de platine à fond plat :

Oxyde de chrome vert.	20	grammes.
Oxyde de zinc.	35	—
Acide borique fondu . .	40	—

La capsule est restée cinq jours dans la moufle ; elle renfermait une matière criblée de cavités, dans lesquelles on distinguait à la loupe de très-petits cristaux. En la traitant par l'acide chlorhydrique, elle se désagrége. Il se dissout beaucoup de borate de zinc, et il se sépare en sable cristallin complétement inattaquable par les acides. C'est le chromite de zinc.

Le chromite de zinc, examiné au microscope, se présente sous forme d'octaèdres réguliers très-brillants. Leur couleur est d'un vert noir; leur dureté est suffisante pour qu'ils rayent le quartz. Ils donnent au chalumeau, avec la soude, la réaction du zinc.

Sa densité a été trouvé égale à 5,309 à la température de 11 degrés.

Le chromite de zinc ne s'attaque qu'incomplétement et avec une très-grande difficulté par le bisulfate de potasse. Je l'ai analysé en le fondant avec du nitre et de la potasse au creuset d'argent. J'ai repris par l'eau bouillante, qui a laissé, sans la dissoudre, la presque totalité de l'oxyde de zinc. Pour séparer ce qui restait de zinc dans la liqueur alcaline, je l'ai sursaturée par un cou-

rant d'acide carbonique, et évaporée ensuite à siccité. En reprenant par l'eau, on a dissous le chromate de potasse et laissé le carbonate de zinc. L'acide de zinc, lavé et calciné, a été pesé, puis traité par l'acide chlorhydrique, afin de rechercher si la matière analysée avait été complétement attaquée par la potasse. Tout s'est dissous, et la liqueur ne contenait pas de traces de chrome.

La liqueur alcaline que contenait le chrome à l'état de chromate, a été traitée comme je l'ai indiqué pour l'analyse du chromite de manganèse. J'ai obtenu les nombres suivants :

Sesquioxde de chrome........	65,8
Oxyde de zinc............	34,4
	100,2

La formule Cr^2O^3, ZnO donne :

Cr^2O^3..........	956	65,4
ZnO..........	506	34,6
	1.462	100,0

résultats qui se confondent avec ceux donnés par l'analyse directe.

Le volume atomique du chromite de zinc est représenté par le nombre 27,5.

Celui du chromite de magnésie, décrit dans mon précédent travail, est de $\frac{1,206}{4,415} = 27,3$.

Celui du chromite de maganèse est égal à 28,7.

Celui du chromite de fer (fer chromé) artificiel, dont la densité était de 4,97, est égal à 28,3.

On voit que les volumes atomiques de ces différents chromites sont très-voisins les uns des autres. Il y a presque identité entre les volumes atomiques des chromites de zinc et de magnésie, d'une part, et des chromites de fer et de manganèse, de l'autre.

Les volumes atomiques des chromites sont un peu plus forts que ceux des aluminates correspondants. Nous avons trouvé 25,1 et 25,2 pour les volumes atomiques de l'aluminate de zinc et de l'aluminate de magnésie.

Ferrites.

On sait que le peroxyde de fer est isomorphe avec l'alumine et le sesquioxyde de chrome. Il était intéressant de rechercher si l'on pourrait obtenir des combinaisons cristallisées de cet oxyde avec les bases.

La seule combinaison que j'ai obtenue jusqu'à présent est le ferrite de zinc.

Ferrite de zinc. — Pour obtenir cette combinaison, j'ai mêlé et introduit dans une capsule de platine :

Peroxyde de fer.	15	grammes.
Oxyde de zinc.	30	—
Acide borique fondu.. .	30	—

La capsule a été placée dans la partie la plus chaude d'une moufle à boutons ; elle y est restée pendant quatre jours consécutifs. La matière retirée du feu présentait encore une complète liquidité ; elle s'est solidifiée en une masse noire et opaque. Cette matière, mise en digestion avec l'acide chlorhydrique étendu et froid pendant plusieurs jours, laisse dissoudre beaucoup de borate de zinc ne contenant presque pas de fer. Il se sépare en même temps un sable cristallin, qu'on lave avec soin et qu'on dessèche. C'est le ferrite de zinc.

Le ferrite de zinc se présente sous forme de petits cristaux noirs très-brillants, dont on reconnaît nettement la forme au microscope. La plupart sont des octaèdres réguliers sans modifications ; quelques-uns présentent de légères troncatures indicatives des faces du

cube sur les angles de l'octaèdre. Il n'est que faiblement attirable au barreau aimanté ; il raye le feldspath, mais avec difficulté. Sa poussière est d'un brun foncé.

J'ai trouvé sa densité égale à 5,132 à la température de 15 degrés. Il ne s'attaque pas sensiblement par l'acide chlorhydrique étendu et froid ; mais l'acide chlorhydrique concentré et bouillant le dissout complétement, et la liqueur contient tout le fer à l'état de peroxyde et l'oxyde de zinc, sans trace d'acide borique. Il donne au chalumeau sur le charbon, avec la soude, la réaction du zinc.

Le ferrite de zinc a été analysé en le traitant par l'acide chlorhydrique chaud, et séparant le peroxyde de fer du zinc par le succinate d'ammoniaque. J'ai obtenu dans cette analyse :

Peroxyde de fer.	66,5
Oxyde de zinc.	33,8
	100,3

La formule Fe^2O^3, ZnO donnerait :

Peroxyde de fer. . . .	1,000	66,4
Oxyde de zinc.	506	53,6
	1,506	100,0

Le volume atomique de ferrite de zinc est égal à 29,3.

Le ferrite de zinc présente un intérêt particulier, au point de vue minéralogique, en ce qu'il nous paraît fournir le type de l'espèce désignée sous le nom de *franklinite*, espèce dont la véritable nature était restée jusqu'à ce jour incertaine. Les caractères de la franklinite sont tous voisins de ceux que nous avons reconnus au ferrite de zinc : elle cristallise en octaèdres réguliers ; elle est noire et métalloïde ; sa poussière est d'un brun

foncé; sa densité est de 5,09; elle ne s'attaque pas par l'acide chlorhydrique étendu, mais bien par l'acide concentré et chaud. M. Berthier y a trouvé :

Peroxyde de fer.	0,66
Oxyde rouge de manganèse. . . .	0,16
Oxyde de zinc.	0,17
	0,99

Quand le minéral se dissout dans l'acide chlorhydrique, il se développe, suivant M. Berthier, une faible odeur de chlore, et tout le fer se trouve, dans la liqueur, à l'état de peroxyde. M. Berthier le représente par la formule



$$(FeO, ZnO)(Fe^2O^3, Mn^2O^3).$$

On peut aussi considérer la franklinite comme un mélange de ferrite de zinc et de ferrite de protoxyde de manganèse, tant est faible la quantité de chlore qui se dégage quand on attaque le minéral par l'acide chlorhydrique.

L'existence du ferrite de zinc et l'analogie si prononcée qu'il présente avec la franklinite, nous paraissent justifier complétement le rapprochement de cette substance des minéraux de la famille des spinelles et du fer oxydulé Fe^2O^3, FeO. Le volume atomique de ce dernier est égal à 28,5, et voisin, par conséquent, de celui que nous avons trouvé pour le ferrite de zinc.

Magnéso-borates.

En étudiant le mode de préparation des divers composés dont il vient d'être question, j'ai découvert deux nouvelles combinaisons dont la constitution chimique m'a paru présenter un véritable intérêt; je les désignerai sous les noms de *sesquioxyde de chrome magnéso-borate*, et de *peroxyde de fer magnéso-borate*.

Je vais indiquer les circonstances de la formation de ces combinaisons, et développer ensuite les considérations qui m'ont conduit aux formules par lesquelles je propose de représenter leur composition chimique.

Du borate de magnésie tribasique.

La magnésie se fond aisément avec l'acide borique, en produisant des combinaisons vitreuses. Si l'on soumet cette matière, que nous supposons contenir un excès d'acide borique, à l'action prolongée d'une haute température, comme celle du four à porcelaine, après l'avoir placée sur une feuille de platine ou dans une capsule à large surface, elle perd peu à peu l'excès d'acide borique qu'elle contient, et finit par arriver à un état de combinaison stable. Par un refroidissement lent, on obtient le borate de magnésie sous forme de cristaux radiés, ayant un aspect nacré et un assez grand éclat. J'ai reproduit cette combinaison plusieurs fois avec les mêmes caractères. Sa densité égale 2,987 à 21 degrés. Elle est inattaquable par l'eau, mais elle se dissout facilement dans les acides. Chauffé au chalumeau, le borate produit des effets de scintillation fort remarquables : la surface chauffée se couvre de points brillants, mobiles, semblables à de petites étincelles électriques. Il ne fond qu'avec une grande difficulté. J'en ai fait l'analyse en dissolvant le borate dans l'acide chlorhydrique et précipitant la magnésie par le phosphate d'ammoniaque et l'ammoniaque. J'ai obtenu, dans deux analyses :

Magnésie.......	63,36	63,54
Moyenne....	63,40	

ce qui donne, pour la composition du borate, les nombres suivants :

		Oxygène.
Magnésie.	63,40	35,36
Acide borique.	36,60	25,18
	100,00	

Cette composition conduit à la formule BO^3, $3MgO$.

Le borate trimagnésique correspond, par sa composition, aux éthers boriques que nous avons obtenus, M. Bouquet et moi, par la réaction du chlorure de bore sur les divers alcools. Pour les chimistes qui admettent $Si O^2$ comme la formule de la silice, le borate BO^3, $3 Mg O$, correspond au silicate de magnésie tribasique $Si O^2$, $3 Mg O$, qui constitue l'espèce péridot à l'état de pureté.

J'ai cru devoir exposer la préparation et les propriétés du borate trimagnésique avant de faire connaître les deux combinaisons suivantes.

Oxyde de chrome magnéso-boraté. — On obtient, comme on l'a vu, le chromite de magnésie au moyen du sesquioxyde de chrome, de la magnésie et de l'acide borique chauffés ensemble, en certaines proportions, dans le four à porcelaine. J'ai essayé de produire la même combinaison, dans les moufles de M. Bapterosses, en opérant sur les quantités de matières suivantes :

Oxyde de chrome. . . .	20	grammes.
Magnésie du nitrate. . .	15	—
Acide borique fondu. .	30	—

J'avais introduit un excès assez grand de magnésie, afin de produire un borate fusible qui devait faciliter le développement de la cristallisation La capsule est restée cinq jours dans la moufle. Elle présentait çà et là, sur les bords, des cristaux d'un vert noir, de forme octaédrique, qui sont du chromite de magnésie; mais le centre de la capsule était occupé tout entier par une

matière d'un beau vert d'herbe, présentant un très-grand nombre de petites cavités tapissées de cristaux. Ces cristaux sont transparents ; leur forme ne se distingue qu'au microscope. Ils sont évidemment prismatiques, mais leur petitesse ne m'a pas permis de reconnaître nettement leur système cristallin. Quand on traite la matière vert d'herbe par de l'acide chlorhydrique, on dissout de l'acide borique et de la magnésie sans trace d'oxyde de chrome. Les cristaux prismatiques n'ont éprouvé aucune altération. On renouvelle l'acide chlorhydrique tant qu'il dissout quelque chose. La matière d'un beau vert clair est complétement inattaquable par les acides. Sa densité a été trouvée égale à 3,82, à 11 degrés. Je l'ai analysée en la fondant, avec du nitre et de la potasse, au creuset d'argent. En reprenant par l'eau bouillante, on a dissous le chrome qu'on a obtenu en traitant la liqueur par l'acide chlorhydrique et l'alcool, et précipitant par l'ammoniaque. La liqueur filtrée, évaporée à sec, puis traitée par l'acide sulfurique à l'alcool, a produit des flammes vertes qui annonçaient la présence d'une proportion très-notable d'acide borique. La magnésie restait comme résidu du lavage. On l'a transformée en sulfate, elle ne retenait pas d'acide borique.

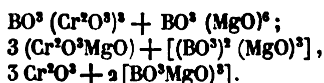
Voici les résultats de l'analyse; l'acide borique a été dosé par différence :

		Oxygène.	Rapports.
Oxyde vert chrome......	55,25	17,30	3
Magnésie............	28,20	11,28	2
Acide borique (par différ.)..	16,55	11,39	2
	100,00		



$$3\,Cr^2O^3 + 2BO^3 + 6MgO.$$

On peut représenter la composition de la substance analysée par plusieurs formules équivalentes :



$$BO^3 (Cr^2O^3)^3 + BO^3 (MgO)^6 ;$$
$$3 (Cr^2O^3MgO) + [(BO^3)^2 (MgO)^3] ,$$
$$3 Cr^2O^3 + 2 [BO^3MgO)^3] .$$

La première des formules représente des combinaisons de borates qui renfermeraient, l'une trois fois, l'autre deux fois autant d'oxygène dans la base que dans l'acide; ce seraient des sels dix-huit et douze fois plus basiques que le borax. La seconde formule nous représente une combinaison de chromite de magnésie avec un borate qui renferme deux fois plus d'oxygène dans l'acide que dans la base. La dernière est celle qui nous paraît devoir être adoptée comme étant le plus d'accord avec les circonstances de la cristallisation: elle représente du sesquioxyde de chrome combiné à du borate de magnésie (BO^3, 3 Mg O), qui est précisément la combinaison limite à laquelle arrivent les borates de magnésie chauffés à une température très-élevée. Il faut remarquer que la combinaison s'est formée au milieu d'une matière liquide qui avait pour formule BO^3, 3 Mg O. On peut concevoir aisément que l'oxyde de chrome, en se séparant du dissolvant, entraîne avec lui une certaine portion de ce dissolvant. Les choses se passent ici comme dans la cristallisation des sels au milieu de l'eau ou de l'alcool, dans la précipitation des oxydes métalliques à l'état d'hydrate. La combinaison dont il s'agit nous paraît présenter une grande analogie avec les hydrates, les alcoolates que l'on produit dans les opérations de la voie humide.

Les expériences faites dans les fours à porcelaine de Sèvres ont toujours donné du chromite de magnésie. La température des fours de Sèvres étant notablement plus forte que celle des fours à cuire les boutons, on s'explique aisément la différence des effets produits dans ces deux cas.

Peroxyde de fer magnéso-boraté. — Pour obtenir cette combinaison. j'ai employé les proportions suivantes :

Peroxyde de fer.	25	grammes.
Magnésie.	20	—
Acide borique fondu. .	25	—

Le mélange intime de ces matières a été placé dans une capsule de platine et laissé pendant trois jours à la haute température d'une moufle à cuire les boutons; la matière était noire : elle avait été complétement liquide. En la laissant en digestion, à froid, avec de l'acide chlorhydrique extrêmement étendu, la matière noire se désagrége. La liqueur renferme, en dissolution, de la magnésie, de l'acide borique et une petite quantité de protoxyde de fer sans peroxyde. Il se sépare en même temps des cristaux noirs assez brillants, qui se détachent de la matière non attaquée, et qu'on obtient facilement à l'état de pureté en les lavant, à plusieurs reprises, à l'eau froide : ils renferment ordinairement quelques parcelles magnétiques qu'on en sépare en promenant un barreau aimanté au milieu de la matière. Ces cristaux noirs, examinés à la loupe, se présentent avec une forme prismatique allongée, mais sans sommets bien nettement caractérisés. Leur poussière est brune. J'ai trouvé, pour leur densité, le nombre 3,85. Ils s'attaquent facilement par l'acide chlorhydrique concentré et chaud. La liqueur renferme de l'acide borique, de la magnésie et du fer entièrement à l'état de peroxyde.

Pour faire l'analyse de la combinaison, j'en ai traité un certain poids par l'acide chlorhydrique, qui l'a dissoute complétement. La liqueur, étendue d'eau, a été précipitée par l'ammoniaque. Le peroxyde de fer avait entraîné de la magnésie. Je l'ai redissous sur le

même filtre, dans de l'acide chlorhydrique étendu, et j'ai précipité de nouveau le fer, par le succinate d'ammoniaque, dans la liqueur rendue à peu près neutre. La liqueur a été réunie à celle qui renfermait le reste de la magnésie; celle-ci a été précipitée par le phosphate d'ammoniaque; l'acide borique a été dosé par différence. Voici les résultats de deux analyses :

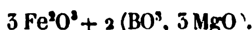
	I.	II.	Moyenne.	Oxygène.
Peroxyde de fer.	55,8	56,1	55,95	16,78
Magnésie.	27,2	27,0	27,10	10,86
Acide borique. .	17,0	16,9	16,95	11,66
	100,0	100,0	100,00	

Ces rapports conduisent à une formule semblable à celle de la combinaison précédente,



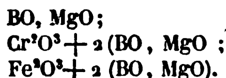
$$3\,Fe^2O^3 + 2\,BO^3 + 6MgO,$$

que je proposerai d'écrire de la manière suivante :



$$3\,Fe^2O^3 + 2\,(BO^3, 3\,MgO).$$

Les deux combinaisons dont nous venons de nous occuper présentent, comme on le voit, la même formule; elles ont aussi des densités très-voisines l'une de l'autre, et donnent des volumes atomiques presque identiques. En admettant pour l'acide borique la même formule atomique que pour la silice, les trois composés qui précèdent auraient les formules très-simples :



$$BO, MgO;$$
$$Cr^2O^3 + 2\,(BO, MgO);$$
$$Fe^2O^3 + 2\,(BO, MgO).$$

Il est permis de penser que les combinaisons qui précèdent ne resteront pas isolées, et qu'on arrivera à obtenir des composés analogues avec d'autres borates et d'autres oxydes métalliques. Ce point de vue peut même s'agrandir encore. S'il est démontré, en effet, que certains borates ou silicates, fusibles à des tempé-

ratures élevées, peuvent entrer tout entiers en combinaison avec d'autres corps qu'ils avaient préalablement dissous, de façon à former des combinaisons solides et cristallisées à ces mêmes températures, on conçoit qu'on arriverait à rendre compte, par ce moyen, de la véritable constitution moléculaire d'un grand nombre de matières minérales. Les formules par lesquelles on représente aujourd'hui la plupart des silicates naturels sont entièrement hypothétiques, et l'auteur d'une analyse peut arriver à en faire connaître les résultats par un grand nombre d'expressions équivalentes, toutes aussi probables les unes que les autres. On représente le plus souvent les silicates à plusieurs bases comme des sels doubles, sans avoir aucune raison bien plausible pour le faire; il serait bien préférable, je crois, dans l'état de nos connaissances sur ce sujet, d'écrire les unes à côté des autres les formules des corps qui entrent dans la combinaison sans leur assigner aucun rang. Les personnes qui étudient la minéralogie ne seraient pas exposées à prendre, pour l'expression réelle de la constitution moléculaire d'un corps, des formules dont la construction ne repose sur aucun fondement bien sérieux.

Silicates.

L'acide borique peut aussi servir à faire cristalliser des silicates infusibles à la température de nos fourneaux. J'en ai présenté deux exemples dans mon dernier mémoire; depuis cette époque, j'ai complété et varié mes expériences en les étendant à un grand nombre de combinaisons silicatées. J'ai observé, dans un très-grand nombre de cas, des indices de cristallisation qui me permettront, je l'espère, d'obtenir à l'état de pureté beaucoup de silicates différents; mais

les recherches ne sont point encore assez avancées pour être publiées. Je me contente donc, dans ce mémoire, de faire connaître les expériences faites sur la cristallisation, par voie sèche, des silicates de magnésie et de zinc.

Silicates de magnésie.

Péridot. — On obtient aisément le silicate de magnésie SiOMgO en chauffant ensemble sur une feuille de platine, dans un vase ouvert, la silice, la magnésie et l'acide borique dans les proportions suivantes :

	gr.
Silice (sable d'Aumont).	4,50
Magnésie.	6,15
Acide borique.	6,00

J'ai obtenu, dans plusieurs expériences, des cristaux parfaitement nets dans les cavités. Ces cristaux ont plusieurs millimètres de longueur; ils sont toujours un peu jaunes et tout à fait transparents; leur forme est celle d'un octaèdre à base rectangulaire profondément tronqué sur ses deux sommets. Ils présentent les faces g^1, g^3, e^1 de Lévy. Voici les angles obtenus au goniomètre à réflexion :

g^1 sur g^3 = 139°,10′
g^1 sur e^1 = 115 ,0
e^1 sur e^1 = 130 ,0

Ces angles sont à peu près identiques à ceux qui sont indiqués, comme correspondant aux même faces, dans le *Traité de minéralogie* de M. Dufrénoy (t. III, p. 548) :

g^1 sur g^3 = 139°.6′
g^1 sur e^1 = 115 ,4
e^1 sur e^1 = 130 ,6

Les cristaux artificiels sont, comme on le voit, iden-

tiques aux cristaux naturels. Ils présentent exactement les mêmes faces que les cristaux de péridot du Vésuve formés par les faces g^1, g^3 et e^1 ; la face g^1 est très-développée dans les cristaux artificiels.

On peut isoler les cristaux de la matière dans laquelle ils sont disséminés, en la traitant par l'acide chlorhydrique étendu et à froid. L'acide chlorhydrique chaud attaquerait aussi les cristaux de péridot. On enlève ensuite la silice gélatineuse par la potasse.

Les cristaux obtenus ont toutes les propriétés du péridot, la dureté, l'aspect vitreux et l'éclat. Leur densité est de 3,27; celle du péridot naturel, qui contient toujours plus ou moins d'oxyde de fer, varie, d'après Stromeyer, de 3,338 à 3,344. Ils sont infusibles au chalumeau. Ils agissent sur la lumière polarisée. Ils ont été analysés au moyen de carbonate de soude; on en a retiré :

Silice.	42,6
Magnésie.	57,2
Oxyde de fer.	traces.
	99,8

La formule SiO, MgO donne :

Silice.	187,5	42,9
Magnésie. . . .	250,0	57,1
		100,0

J'ai fait remarquer plus haut que si l'on admettait la même formule pour l'acide borique et la silice, le borate de magnésie tribasique aurait une formule semblable à celle du péridot. Si l'on calcule, en partant de cette donnée, les volumes atomiques des deux composés, on trouve des expressions presque identiques, savoir : 133,8 pour le silicate de magnésie et 132,3 pour le borate. Cette coïncidenee est remarquable et donne

lieu de penser que les deux acides borique et silicique doivent être représentés par des formules semblables et produire des combinaisons isomorphes. Je m'occupe de recherches à ce sujet.

Bisilicate de magnésie.

On a mêlé ensemble, pour obtenir cette combinaison,

	gr.
Silice.	9,00
Magnésie.	6,15
Acide borique fondu. . .	6,00

On a obtenu le bisilicate de magnésie sous forme de cristaux de plusieurs centimètres de longueur. Ils sont opaques, d'un beau blanc, et ils ont l'aspect nacré que présentent beaucoup de minéraux magnésiens. Les cristaux s'isolent en traitant la matière successivement par l'acide chlorhydrique et la potasse liquide.

Dans un certain nombre d'expériences, je n'ai obtenu que des matières fibreuses formées d'une réunion de cristaux très-fins, analogues à l'asbeste, qu'on isole de même au moyen de l'acide chlorhydrique et de la potasse.

Les cristaux qui ont été purifiés sont très-fragiles; ils se clivent très-facilement, dans le sens de leur longueur, sous un angle de 87°,31' (1). Ceux d'entre eux qui sont restés intacts présentent une troncature P sur l'arête de l'angle aigu parallèle à la grande diagonale des bases. On a trouvé, en effet :

		Calculé.
M sur P =	133°,35'	133°,45'
M sur M =	87,31	»

(1) Moyenne d'un grand nombre d'angles mesurés sur des solides de clivage.

Les cristaux n'étant pas terminés, il ne m'a pas été possible de mesurer l'inclinaison de la base sur les faces verticales ; mais ils présentent un grand nombre de stries qui indiquent un troisième clivage parallèle à la base du prisme.

Les angles indiqués ci-dessus rapprochent complètement les cristaux examinés du pyroxène. Voici les angles correspondants donnés par Phillips pour le diopside :

M sur M = 87°; 5'
M sur P = 133 ,35

La densité, prise sur des cristaux triés avec soin, m'a donné le nombre 3,161, à la température de 19 degrés. En opérant sur les cristaux abestoïdes purifiés par l'action de l'acide chlorhydrique et de la potasse, mais que je n'ai pu trier en raison de leur ténuité, j'ai trouvé, pour la densité, le nombre 3,134, à la température de 18°,5.

Les cristaux un peu volumineux sont complétement opaques; les cristaux très-déliés sont transparents et agissent très-énergiquement sur la lumière polarisée.

J'ai analysé les deux variétés de cristaux. La silice a été déterminée, dans une première expérience, par une attaque au carbonate de soude dans le creuset de platine. J'ai obtenu la magnésie en traitant les cristaux par l'acide sulfurique et l'acide fluorhydrique. Le sulfate de magnésie a été pesé. Il se dissolvait complétement dans l'eau. Voici les résultats des deux analyses :

	Cristaux fibreux. I.	Cristaux fibreux. II.	Grands cristaux. I.	Grands cristaux. II.
Silice. . .	60,31	»	60,10	»
Magnésie .	»	39,62	»	39,96
	99,93		100,06	

La formule $(SiO)^2MgO$ donnerait :

Silice	375	60
Magnésie	250	40
	625	100

On voit que les résultats de l'analyse des grands cristaux se confondent, pour ainsi dire, avec les résultats théoriques.

Le bisilicate de magnésie n'a point encore été trouvé, dans la nature, à l'état de pureté. Les pyroxènes dont il se rapproche par la forme sont des bisilicates à plusieurs bases, dans lesquelles la chaux, la magnésie, les protoxydes de fer et de manganèse se trouvent combinés en un grand nombre de proportions différentes. Leur densité est aussi très-variable, mais elle ne descend pas au-dessous de 3,23.

Certains échantillons de diallage se rapprochent beaucoup du bisilicate de magnésie par leur densité et leur composition chimique. Le diallage ou bronzite de Gulsen, en Styrie, dont la densité est de 3,125, a donné à M. Regnault :

Silice	56,41
Magnésie	31,50
Protoxyde de fer	6,56
Protoxyde de manganèse	3,30
Eau	2,38
	100,00

La bronzite possède deux clivages sous l'angle de 87 degrés environ, comme le pyroxène. Le bisilicate de magnésie se rapproche du diallage par sa forme et par sa densité; par sa composition, il nous paraît devoir être considéré comme le type de cette espèce.

J'ai essayé de reproduire, par la même méthode, le trisilicate de magnésie, en mêlant avec l'acide borique la magnésie et la silice dans les proportions convena-

bles. J'ai obtenu des cristaux tout à fait semblables au bisilicate, et une matière vitreuse demi-transparente, pareille au verre que l'on produit en fondant la silice et l'acide borique. Le trisilicate ne paraît donc pas pouvoir se former dans les mêmes conditions que les deux autres combinaisons SiO, MgO, $(SiO)^2$ MgO.

Quand on mélange, avec l'acide borique, la silice et la magnésie dans les proportions qui constitueraient un silicate sesquibasique $(SiO)^3(MgO)^2$, on n'obtient qu'un mélange de péridot et de bisilicate. Le péridot se sépare le premier de la masse vitreuse, sans doute en raison de sa moindre fusibilité. L'échantillon que je place sous les yeux de l'Académie met ce fait hors de doute. On y remarque des cristaux de péridot de plusieurs millimètres de longueur, les uns tout formés, les autres en voie de formation, au milieu d'une masse vitreuse transparente. Des cristaux de bisilicate, reconnaissables à leur blancheur et à leur opacité, commençaient seulement à se former sur les bords de la matière en fusion.

Silicates de zinc.

Les silicates de zinc étant infusibles à la température de nos fourneaux, j'ai cherché à les reproduire par le même procédé que les silicates de magnésie. Les mélanges suivants ont été placés dans deux capsules de platine et introduits dans une des moufles à boutons.

	N° I. SiOZnO.	N° II. $(SiO)^2$ ZnO.
Sable d'Aumont. . . .	10	20
Oxyde de zinc.	25	25
Acide borique fondu.	25	25

Les capsules sont restées pendant cinq jours dans la moufle. La capsule n° II, qui renfermait les éléments du bisilicate, présentait une matière blanche ayant l'as-

pect de l'émail; quelques groupes de cristaux assez volumineux, mais peu nets de forme, étaient disséminés çà et là sur la surface de la capsule.

L'essai n° I présentait deux espèces de cristaux : les uns sont transparents, d'un blanc jaunâtre, ils atteignent 2 ou 3 centimètres de longueur; les autres sont blancs, opaques, et ressemblent beaucoup au bisilicate de magnésie.

On trouve le silicate de zinc anhydre ZnOSiO (villemite) avec les autres minerais de zinc, à Moresnet. Il cristallise dans le système rhomboédrique. Il était donc intéressant de reproduire ce silicate par voie sèche, afin d'examiner s'il serait isomorphe avec le péridot SiOMgO ou si la combinaison obtenue aurait la forme de la villemite. Malheureusement les cristaux transparents que j'ai obtenus n'ont pas pu, malgré leurs dimensions, être mesurés au goniomètre, à cause de la difficulté qu'on éprouve à les détacher du platine. Mais il me paraît évident déjà, d'après leur aspect, qu'ils n'appartiennent pas au système rhomboédrique. Je me propose de compléter leur étude par de nouvelles expériences.

Sur la cristallisation de l'alumine.

L'alumine cristallise, à une température élevée, avec une assez grande facilité. M. Gaudin, en la fondant au chalumeau à gaz, a obtenu par le refroidissement une matière ayant toute la dureté du corindon naturel, et qui présentait les clivages propres à cette espèce. Mais la cristallisation s'opérant avec une grande rapidité, faisait perdre toute transparence aux produits obtenus.

Les cristaux que j'ai présentés à l'Académie en 1847 avaient été préparés par une méthode essentiellement

différente de celle de M. Gaudin. L'alumine avait été dissoute dans le borax et s'en était séparée par l'évaporisation lente du dissolvant à l'état cristallisé. Les cristaux n'étaient reconnaissables qu'au microscope. Ils présentaient une des formes habituelles de la télésie, le rhomboèdre basé; mais ils étaient transparents et très-nets. La température à laquelle ils avaient été obtenus était celle du four à porcelaine, et l'on sait que l'alumine ne se fond ni ne se ramollit à cette température.

La proportion de borax la plus convenable est de 3 à 4 pour 1 d'alumine. Si la quantité de matière n'est pas trop considérable en raison de la durée de la cuisson de la porcelaine, tout le borax se volatilise. Il reste sur la feuille de platine deux sortes de cristaux : les uns sont de l'alumine pure, en rhomboèdres basés, colorés en rouge s'il y a de l'oxyde de chrome dans le mélange ; les autres sont en longues aiguilles bleuâtres, et se trouvent seulement sur les bords et même quelquefois sur les parois extérieures de la capsule. Ils paraissent s'être formés comme les sels qui *grimpent* le long des capsules dans les évaporations aqueuses. Les cristaux aiguillés sont ordinairement bien plus abondants que ceux de corindon. Ils paraissent se former avant ceux-ci, quand la température du four n'est point encore arrivée à sa limite la plus élevée. Les cristaux à longs prismes sont identiques à ceux dont j'ai indiqué plus haut la préparation au moyen de l'acide borique, de l'alumine et de l'oxyde de cadmium. Ils ont la même dureté, et présentent la même résistance à l'action des acides; leur densité a varié dans plusieurs déterminations entre 2,96 et 3,00 : ils ne renferment que de l'alumine et de l'acide borique.

Alumine boratée. — J'ai fait deux analyses de ce pro-

duit ; l'une sur les cristaux obtenus avec l'oxyde de cadmium, l'autre sur des cristaux préparés au moyen du borax. J'ai obtenu avec les premiers 82,6, avec les seconds 82,2 d'alumine dont l'acide borique avait été séparé par des traitements réitérés au moyen d'un mélange d'acide sulfurique et d'acide fluorhydrique. Or la formule $(Al^2O^3)^3BO^3$ donne :

3 éq. d'alumine.	1,927	81,6
1 éq. d'acide borique. . . .	436	18,4
	2,363	100,0

Si l'on mêle avec l'alumine et le borax une proportion de silice égale aux deux cinquièmes environ du poids de l'alumine, et que l'on soumette le tout au grand feu du four à porcelaine (1), on n'obtient plus alors de cristaux prismatiques. La présence de la silice a donné évidemment une plus grande fixité au dissolvant, et l'alumine cristallise au milieu de la masse en cristaux larges et très-aplatis. On sépare aisément les cristaux d'alumine de la masse fondue, en laissant celle-ci en digestion prolongée avec l'acide chlorhydrique, puis enlevant la silice gélatineuse qui reste par une solution de potasse. On achève la purification des cristaux en les traitant par l'acide fluorhydrique.

L'alumine qu'on obtient ainsi est en larges lames de forme hexagonale, qui présentent un éclat très-vif. Ce

(1) Voici les proportions qui ont été employées dans le plus grand nombre des expériences :

Alumine.	10 grammes.
Silice.	4
Borax fondu. . . .	16

La présence de la silice donnant de la fusibilité à la matière, il n'est pas nécessaire d'introduire autant de borax qu'avec l'alumine seule.

sont des cristaux très-aplatis, sous la forme d'une double pyramide à six faces, profondément tronquée à ses deux sommets. Les cristaux de fer oligiste des volcans présentent exactement la même forme.

J'ai pu mesurer l'angle d'une des faces latérales P sur la base A : cet angle a été trouvé de 122°35'. Dans le corindon naturel, cet angle est de 122°26'30" (Dufrénoy).

On distingue sur les bases A des stries qui se croisent sous l'angle de 60 degrés. La densité des cristaux a été trouvée égale à 3,928 à 20 degrés.

La densité des diverses variétés de corindon est comprise, d'après M. Dufrénoy, entre 3,909 et 3,979.

La dureté de l'alumine cristallisée artificiellement est la même que celle du corindon. Elle raye nettement et facilement la topaze.

Quand on place une lame mince d'alumine sur le porte-objet de l'appareil de Noremberg, entre une lame sensible de quartz et un prisme de Nichol, et que l'appareil est disposé pour donner avec la lame de quartz la teinte dite *de passage*, on n'observe aucun changement dans la teinte par l'interposition du cristal d'alumine tant que le support reste horizontal. Le plan de polarisation du rayon qui la traverse normalement n'est point dévié. Si l'on incline le porte-objet, on voit bientôt la lame d'alumine se colorer, soit en rouge vif, soit en vert. Ces cristaux agissent donc sur la lumière à la manière des cristaux parfaits. Le plan des lames (la face A) étant perpendiculaire à l'axe cristallographique, on conçoit qu'il n'y ait pas eu action exercée sur la lumière quand le plan des lames était horizontal, puisque le rayon les traversait alors dans la direction de cet axe.

On peut encore obtenir l'alumine en larges cristaux, en ajoutant au mélange d'alumine et de borax d'autres

corps que de la silice. Ainsi l'addition du carbonate de baryte (1) a permis d'obtenir un produit cristallisé en tables hexagonales de plusieurs millimètres de côté. Les cristaux sont aussi des dodécaèdres isocèles tronqués sur les sommets, et réduits à une faible épaisseur. J'ai mesuré l'angle de P sur A, que j'ai trouvé égal à 122° 20'. Les cristaux agissent sur la lumière polarisée, quand on incline le porte-objet de façon à ce que le rayon ne traverse pas normalement les deux troncatures. Les cristaux qui sont de couleur rosée paraissent de tout point identiques à ceux obtenus par le procédé qui a été décrit tout à l'heure.

Quand on ajoute au borax la moitié de son poids de carbonate de soude (2), on n'obtient plus d'alumine boratée en longs prismes. L'alumine se trouve tout entière cristallisée en lames peu épaisses, semblables à celles qui viennent d'être décrites.

En opérant avec des mélanges d'alumine, de chaux et d'acide borique, on obtient un produit cristallisé en larges lames, qui ressemble tout à fait aux précédents et que je considère également comme de l'alumine cristallisée.

Avec l'oxyde de manganèse, l'alumine et l'acide borique, on obtient des lames d'un brun violacé et seulement translucides. Quand on traite ces lames par l'acide chlorhydrique concentré et chaud, on dissout beaucoup d'oxyde de manganèse et d'acide borique, et l'on obtient, comme résidu, des cristaux roses très-

		gr.
(1)	Alumine	6,50
	Borax	12,00
	Carbonate de baryte	3,00
(2)	Alumine	4,00
	Carbonate de soude	6,00
	Borax fondu	12,00

aplatis, qui paraissent être encore de l'alumine cristallisée, colorée par un peu d'oxyde de manganèse. Ces lames roses sont mélangées de quelques petits cristaux octaédriques réguliers, d'un brun violacé, qui sont sans doute de l'aluminate de protoxyde de manganèse.

Avec l'alumine, l'oxyde de cérium et l'acide borique, on obtient un produit en larges lames, très-dur, qui m'a paru également semblable aux précédents après un traitement par les acides concentrés.

Dans mon premier travail, j'avais indiqué comme étant probablement des aluminates de chaux, de baryte, de manganèse, les cristaux très-durs qu'on obtient dans les circonstances qui viennent d'être rappelées. Ces cristaux présentaient à la surface des lames des stries se croisant sous l'angle de 60 degrés, qui semblaient indiquer une des faces de l'octaèdre régulier, mais ils n'avaient point été isolés ni analysés. Les cristaux minces qu'on avait obtenus avec l'alumine et la baryte avaient été examinés, sous le rapport optique, par M. Biot, qui en avait conclu qu'ils n'appartenaient pas au système régulier.

L'existence des cristaux violets qu'on obtient avec l'oxyde de manganèse, l'alumine et l'acide borique, nous fournit une nouvelle preuve que des corps tout à fait étrangers à l'espèce chimique qui cristallisent peuvent cependant se mélanger en forte proportion avec elle sans en changer la forme, mais en modifiant seulement la couleur et l'aspect extérieur des cristaux. L'alumine, en cristallisant au milieu du borate de manganèse, se laisse imprégner par ce dernier corps, que les acides peuvent enlever, sans que la forme des cristaux soit altérée et sans qu'ils se désagrégent. C'est là un phénomène analogue à ces phénomènes de teinture que M. Chevreul a signalés comme se produisant dans

un grand nombre de circonstances. Le règne minéral nous fournit un autre exemple bien frappant d'un mélange tout à fait mécanique dans les cristaux de chaux *carbonatée quartzifère* de Fontainebleau. On peut voir par là avec quelle réserve on doit discuter les résultats des analyses des minéraux, même cristallisés, quand il s'agit de déterminer la formule qu'ils possèdent réellement. N'est-il pas très-probable qu'un grand nombre de cristaux opaques, parmi les minéraux pierreux, contiennent en mélange des matières tout à fait étrangères aux cristaux eux-mêmes, et qu'on aura fait entrer dans le calcul de leur formule chimique, faute de connaître le véritable rôle qu'elles y remplissent?

On peut résumer de la manière suivante les faits qui se rapportent à la cristallisation des alumines et des aluminates par la voie sèche.

Quand l'alumine, dissoute dans l'acide borique, est en présence d'un borate métallique à une haute température, il peut arriver trois cas différents :

1° Si le borate métallique est volatil, l'alumine cristallisera, soit à l'état d'alumine boratée $(Al^2O^3)^3BO^3$, soit à l'état de pureté (borate de cadmium, borax). La cristallisation de l'alumine boratée paraît s'opérer à une température un peu plus basse que celle de l'alumine pure, le dissolvant restant le même.

2° Si le borate métallique est fixe et si l'affinité de l'alumine pour la base n'est pas suffisante, à la température à laquelle on opère, pour produire l'expulsion de l'acide borique qui y est combiné, l'alumine cristallisera à l'état de pureté au milieu de la matière (borax et silice, borax et baryte, chaux ou oxyde de manganèse).

Si l'affinité de l'alumine pour les bases est suffisante,

il se formera des aluminates cristallisés (aluminates de magnésie, de cobalt, de zinc, de glucine).

Il est assez remarquable que les aluminates qui ont pu être produits dans mes expériences soient précisément, à peu d'exceptions près, ceux que l'on rencontre dans la nature.

Cristallisation de l'acide titanique.

Quand on passe au four à porcelaine, sur une feuille de platine, un mélange d'acide titanique et d'acide borique ou d'acide titanique et de borax, on obtient des matières cristallisées, mais d'une manière un peu confuse et que je n'ai point examinées de plus près. Mais on obtient une cristallisation bien plus nette quand on a recours aux phosphates comme dissolvant.

Le phosphate double de soude et d'ammoniaque, ou sel de phosphore, dissout très-bien, comme on sait, l'acide titanique. Je m'en suis servi dans quelques expériences. J'ai employé (1) 4 à 5 parties de sel de phosphore cristallisé pour 1 partie d'acide titanique. Le mélange, passé au four à porcelaine, m'a donné une très-belle cristallisation. Quelques cristaux ont plus de 1 centimètre de longueur. Ils ressemblent complétement au titane aciculaire enfermé dans les cristaux de quartz. Ils sont transparents et d'un jaune d'or. Plusieurs ont l'aspect métallique sur quelques-unes de leurs faces.

		Expér. n° I.	Expér. n° II.
(1)	Sel de phosphore.	13,00	10,00
	Oxyde de titane.	2,50	2,50

L'emploi des phosphates acides comme dissolvant présente cet inconvénient, que les feuilles et les capsules de platine se percent facilement par la formation d'un phosphure de platine fusible. Il convient de fondre les mélanges avant de les placer sur la feuille de platine.

J'ai examiné les cristaux obtenus dans l'une des expériences. Ils ont été traités successivement par l'acide chlorhydrique et la potasse bouillante, qui ne leur ont fait perdre qu'une partie insignifiante de leur poids. Leur densité a été trouvée égale à 4,283, ce qui les identifie complétement avec le rutile.

M. Daubrée a déjà obtenu de l'acide titanique cristallisé par la réaction de la vapeur d'eau sur le chloride de titane. Ces cristaux appartiennent par leur forme à la sous-espèce connue sous le nom de *brookite.*

L'acide titanique mêlé à d'autres oxydes métalliques et à l'acide borique fournit aussi de nombreuses combinaisons cristallisées sur lesquelles je reviendrai.

Cristallisation des acides niobique et tantalique.

L'acide niobique retiré de la bayérine donne des cristaux allongés, verdâtres, quand on passe au four à porcelaine, sur la feuille de platine, un mélange de cet acide avec trois fois son poids d'acide borique. Les cristaux sont complétement inattaquables par les acides.

L'acide tantalique extrait des tantalites de Finlande et passé dans une moufle à boutons avec six fois son poids de sel de phosphore a laissé des cristaux transparents d'un vert clair, sous forme de prismes allongés, inattaquables par les acides et les alcalis. J'avais à ma disposition une trop petite quantité des deux corps qui précèdent pour pouvoir varier et multiplier mes expériences sur leur cristallisation. Je me contente donc d'indiquer ici la facilité avec laquelle ces acides cristallisent, soit dans l'acide borique, soit dans le sel à phosphore. Je reprendrai les expériences aussitôt que j'aurai pu me procurer les matériaux en quantité convenable. Ces corps, qui forment des composés si peu nets et avec

tant de difficulté dans les opérations de la voie humide, donneront peut-être, à de hautes températures, des combinaisons douées d'une grande stabilité.

Qu'il me soit permis, en terminant ce mémoire, de faire comprendre l'utilité que peut avoir, au point de vue de la classification, la reproduction des espèces minérales par la synthèse chimique. J'aurai bien peu de considérations nouvelles à ajouter à celles que M. Chevreul a développées avec tant de force et d'autorité sur l'espèce chimique.

La notion de l'espèce, dans les sciences naturelles, a pour effet de rapprocher les uns des autres les individus qui se ressemblent le plus par l'ensemble de leurs caractères. L'espèce chimique est constituée sur les mêmes bases, et de telle façon que l'identité dans la nature des principes élémentaires d'une combinaison suffit ordinairement pour entraîner l'identité de tous les autres caractères organoleptiques, physiques et chimiques. Ainsi tous les individus appartenant à une même espèce chimique ont la même forme cristalline ou des formes qui peuvent être ramenées par des lois géométriques à un solide qu'on appellera la *forme primitive*, et qui présentera, dans tous les cas, les mêmes angles, les mêmes dimensions relatives, la température restant la même; la densité de tous les individus appartenant à la même espèce sera constamment la même; ils agiront exactement de la même manière sur la chaleur et la lumière, l'identité dans la composition chimique a entraîné l'identité de tous les caractères distinctifs.

La découverte de l'isomérisme est venue modifier ce que l'énoncé précédent pouvait avoir d'absolu. Il est démontré maintenant qu'un même composé chimique

peut cristalliser dans deux ou même trois formes primitives différentes. Les différences dans la forme entraînent des différences correspondantes dans la densité, dans l'action sur la lumière et souvent des différences dans les actions chimiques exercées par d'autres corps. La production de ces divers états moléculaires est en rapport avec les circonstances qui ont présidé à la formation des cristaux. C'est ainsi que le carbonate de chaux cristallise dans des formes dérivées du rhomboèdre toutes les fois qu'il se sépare d'une solution froide, ou bien quand il est soumis à une température élevée. Il cristallise, au contraire, dans la forme du prisme rectangulaire droit quand il se dépose d'une solution chauffée vers 80 degrés. Il possède alors deux axes de double réfraction et une densité différente de celle des cristaux rhomboédriques. Mais la chaux carbonatée prismatique se transforme facilement en chaux carbonatée rhomboédrique par l'application de la chaleur. Les cristaux décrépitent au feu; ils prennent le clivage rhomboédrique et la densité correspondant à cette forme.

La facilité avec laquelle peuvent se produire les modifications isomériques, sans que la composition chimique varie, est un des motifs qui nous portent à considérer, avec M. Chevreul, ces diverses modifications d'un même corps comme constituant seulement des subdivisions d'une même espèce, celle-ci restant toujours caractérisée par l'immutabilité de la composition chimique. Dans chacune des sous-espèces, l'identité de composition chimique entraîne nécessairement celle de tous les autres caractères.

Dolomieu avait admis la molécule intégrante, c'est-à-dire la molécule chimique, comme base de l'espèce minéralogique, indépendamment de toute considéra-

tion relative à l'arrangement des molécules. Il admettait, par conséquent, la possibilité de plusieurs arrangements moléculaires, d'agrégats cristallins différents dans une seule et même espèce. La définition qui a été donnée par Haüy de l'espèce minéralogique était moins générale, puisque l'existence de celle-ci était subordonnée à deux conditions : une composition chimique définie et une forme également définie.

Les corps cristallisés qu'on trouve dans le règne minéral ne nous présentent que rarement cette composition parfaitement définie qui caractérise les espèces chimiques. Quand on rencontre des minéraux ayant cette composition simple, on en fait naturellement le type des espèces minéralogiques. Nous en citerons un exemple, celui des carbonates naturels. On trouve, comme on sait, dans la nature plusieurs carbonates à peu près complétement purs et qui cristallisent tous sous des formes qui peuvent être rapportées à un rhomboèdre dont l'angle diffère peu d'une espèce à l'autre. Voici l'angle des diverees espèces avec l'indication de leurs densités.

	Angle du rhomb.	Densités.
Chaux carbonaté spathique (1). . . CaO, CO^2	105°, 5'	2,72
Magnésie carbonatée (2). . . . . . $MgOCO^2$	107, 25	2,88
Fer carbonaté (3). . . . . $FeOCO^2$	107, 0	3,83
Manganèse carbonaté (4). . . . . . $MnOCO^2$	107, 20	3,59
Zinc carbonaté (5). . . . . $ZnCO^2$	107, 40	1,45

(1) Spath d'Islande analysé par M. Stromeyer.

(2) Magnésie carbonatée de Baumgarten, par Stromeyer.

(3) Fer carbonaté du Cornouailles, par M. Beudant.

(4) Manganèse carbonaté de Nagyag, par M. Berthier (il renferme encore 5 p. 100 de chaux).

(5) Zinc carbonaté du Derbyshire, par Smithson.

Quoique l'angle du rhomboèdre soit peu différent d'une espèce à l'autre, on ne peut pas dire que les formes primitives sont identiques. Chacune des espèces conserve donc, sous ce rapport, son individualité.

Les espèces qu'on vient de citer appartiennent à la classe des composés dits *isomorphes* qui paraissent pouvoir cristalliser ensemble en toutes proportions. Si ces proportions sont définies comme dans le cas de la dolomie



$$CaOC^2 + MgOCO^2,$$

il en résulte une espèce nouvelle qui a son angle et sa densité parfaitement déterminés. Mais on rencontre dans la nature un très-grand nombre de minéraux cristallisés qui renferment les carbonates de chaux, de magnésie, de fer et de manganèse associés ensemble dans toutes sortes de proportions variables d'un échantillon à l'autre. L'angle du rhomboèdre varie, mais dans des limites peu étendues, déterminées par ceux des espèces constituantes. La densité varie également d'un cristal à l'autre. Tous ces échantillons devront être considérés comme des mélanges indéfinis d'espèces nettement caractérisées.

Mais si l'on est parfaitement d'accord quand les types des espèces, c'est-à-dire les espèces chimiques, se trouvent dans la nature, il n'en est pas tout à fait de même quand on n'y rencontre que ces mélanges indéfinis dont nous venons de parler. Le cas se présente très-souvent dans les minéraux silicatés. On peut citer comme exemple l'amphibole, le péridot, le pyroxène. Les minéralogistes comprennent dans l'espèce pyroxène un grand nombre de silicates à base de chaux, de magnésie, de protoxyde de fer et de manganèse, dont les formes cristallines, sans être tout à fait identiques, sont voisines les unes des autres, et qui contiennent

toutes deux fois plus d'oxygène dans la silice que dans toutes les bases réunies : ce qu'on appelle *pyroxène* est un genre et non pas une espèce. Si l'on eût trouvé dans la nature les bisilicates des bases à l'état de pureté, il est évident que les minéralogistes auraient procédé dans ce cas comme avec les carbonates. Ils auraient constitué des espèces minéralogiques avec ces espèces chimiques qu'ils rencontraient à l'état de pureté. Ils auraient mesuré leurs angles, déterminé leurs densités et obtenu ainsi des nombres invariables auxquels ils auraient comparé les minéraux constitués par des mélanges indéfinis des diverses espèces isomorphes.

La synthèse chimique doit chercher à produire les types des espèces quand la nature ne les fournit pas à l'état de pureté; elle pourra ainsi rendre un véritable service à la minéralogie. M. Berthier en a fourni le premier exemple en créant des cristaux de pyroxène formés par la fusion de 1 atome de bisilicate de chaux et de 1 atome de bisilicate de magnésie. J'ai donné, dans ce mémoire, les angles, la densité et les caractères chimiques du bisilicate de magnésie à l'état de pureté. La cristallisation des autres bisilicates nous fournira, il faut l'espérer, les éléments d'une classification tout à fait rationnelle des minéraux du genre du pyroxène, genre auquel les diallages doivent évidemment être rapportés.

Je pourrais appliquer les mêmes considérations au péridot, qui comprend plusieurs espèces différentes, des silicates à base de magnésie, de chaux, de protoxyde de fer et de manganèse renfermant autant d'oxygène dans l'acide que dans la base. Le silicate de protoxyde de fer a été trouvé cristallisé dans les scories des fourneaux d'affinage du fer. On l'a trouvé aussi aux Açores à peu près à l'état de pureté. Mais

on n'a pas encore rencontré les autres silicates à l'état isolé (1). Les diverses variétés de péridot sont constituées par des mélanges dans lesquels le silicate de magnésie domine ordinairement. Il est extrêmement probable que les différents cristaux classés dans les péridots ne présenteront pas rigoureusement les mêmes angles, et que l'on constatera sur les divers échantillons de composition variable, des variations de densité et de forme analogues à celles que l'on a constatées sur les carbonates formés du mélange d'espèces isomorphes.

Si l'on pouvait, par des recherches ultérieures, reproduire, au moyen de la synthèse chimique, un grand nombre d'espèces minérales à l'état de pureté, on obtiendrait non-seulement les types spécifiques qui manquent pour la classification de beaucoup de minéraux cristallisés, mais on se procurera ainsi des notions précieuses sur l'origine et les conditions de la cristallisation de ces espèces.

(1) Le péridot blanc du Vésuve paraît être du silicate de magnésie à l'état de pureté.

RECHERCHES

SUR

LA COMPOSITION DES MATIÈRES EMPLOYÉES DANS LA FABRICATION ET DANS LA DÉCORATION DE LA PORCELAINE EN CHINE.

Par M. EBELMEN,
ingénieur des mines, professeur à l'École des mines,

et

M. SALVETAT,
chimiste, chef des moufles à la manufacture nationale de Sèvres.

Les procédés dont on se sert en Europe pour décorer la porcelaine sont très-variés: tantôt on emploie des pâtes diversement colorées, tantôt on introduit la matière colorante dans la couverte, tantôt enfin on applique les couleurs sur la surface de la porcelaine blanche; les deux premiers modes de décoration exigent l'application d'une température aussi élevée que celle qui est nécesaire pour la cuisson de la porcelaine elle-même; les couleurs employées sont dites de *grand feu.* Quand on peint, au contraire, sur la surface de la porcelaine, on n'emploie que des couleurs qui n'exigent pour leur vitrification qu'une température beaucoup moins élevée que les précédentes. Ce sont les couleurs dites *de moufle*, les seules qui aient présenté jusqu'à présent, pour peindre sur porcelaine, des ressources comparables à celles que fournit la peinture à l'huile. C'est avec l'assortiment des couleurs de moufle, tel qu'il a été composé et perfectionné dans ces cinquante dernières années, qu'on est arrivé à reproduire sur porcelaine, avec une très-grande exactitude, plusieurs des œuvres des maîtres les plus illustres.

Les matières colorantes dont se servent les Chinois peuvent être classées, comme les couleurs employées en Europe, en deux grandes divisions: celles qu'on peut assimiler aux couleurs de grand feu, celles qui ont plus d'analogie avec les couleurs de moufle.

Quelques-uns des fonds de couleur au grand feu des Chinois n'ont pas encore été reproduits sur les porcelaines européennes. Nous citerons principalement la couleur d'un vert bleuâtre clair qui est connue sous le nom de *céladon*, les fonds rouges, tantôt orangés, tantôt tirant sur le violet, qui doivent leur couleur à du protoxyde de cuivre, le vert turquoise, le violet évêque: ces tons sont ou d'une grande délicatesse, ou d'un grand éclat, il y aurait un véritable intérêt à les reproduire pour les appliquer sur nos porcelaines. Nous avons à peu près terminé les analyses des couvertes colorées qui nous ont servi de point de départ dans les essais que nous faisons pour rechercher les procédés industriels propres à leur reproduction; nous rendrons compte ultérieurement des résultats que nous avons obtenus dans cette voie.

L'objet du présent mémoire est l'examen des matières colorantes qui ont de l'analogie avec nos couleurs de moufle. L'envoi du P. Ly, dont nous avons rendu compte dans un précédent travail (1), comprenait un grand nombre de matières colorantes diverses; la collection de l'École des mines nous a fourni quelques couleurs qui manquaient à celle du Musée céramique: ces couleurs sont particulièrement employées à King-et-tching. Enfin, M. Itier, et en dernier lieu M. Rutherford-Alcock, consul britannique à Shang-Haï, en se conformant aux instructions très-détaillées rédigées

(1) *Ann. de chimie et de physique*, 3e sér., t. XXXI, p. 257.

à diverses époques par M. Alex. Brongniart, nous ont remis un certain nombre de couleurs dont on se sert à Canton et dans les environs pour peindre la porcelaine.

Les couleurs rapportées de Canton par M. Itier furent prises sur la table d'un peintre chinois, occupé de décoration ; elles offrent un remarquable caractère d'authenticité. Celles dont M. Rutherford-Alcock a fait don au Musée céramique de Sèvres nous ont semblé la répétition de la collection que nous avons remarquée au Palais de Cristal, au milieu de l'intéressante exposition chinoise.

Avant de rapporter avec détails les expériences que nous avons faites pour déterminer la composition des couleurs chinoises et pour les reproduire, nous rappellerons très-brièvement en quoi consistent les couleurs de la palette dont on se sert en Europe et spécialement à Sèvres.

Ces couleurs doivent pouvoir se fixer solidement à la surface de la porcelaine et acquérir en même temps, par la fusion, le glacé qui est une des conditions indispensables de l'éclat des peintures. On les produit toutes en mêlant, soit un oxyde, soit un composé de différents oxydes métalliques colorants avec un flux vitreux ou *fondant*, dont la composition varie avec la nature de la couleur qu'il s'agit de développer. Celui qui est le plus généralement employé porte le nom de *fondant aux gris*. Il sert pour les gris, les noirs, les rouges, les bleus, les jaunes ; on le compose en fondant ensemble :

Minium	6 parties.
Sable siliceux. . .	2 —
Borax fondu. . . .	1 —

Les couleurs s'obtiennent ordinairement en mêlant ensemble en poids 3 parties de fondant avec 1 partie d'oxyde métallique, en sorte que la composition peut s'exprimer ainsi d'une manière générale :

Silice	16,7
Oxyde de plomb	50,0
Borax	8,3
Oxydes colorants	25,6
	100,0

Tantôt le mélange des oxydes et du fondant est fondu ou fritté avant l'emploi; tantôt, au contraire, les oxydes sont simplement mélangés avec le fondant: la couleur obtenue est immédiatement employée sans fusion ni calcination préalable. Si la couleur doit être produite par une combinaison de l'oxyde avec le flux, comme dans le cas de l'emploi de l'oxyde de cobalt, il est nécessaire de fondre préalablement les oxydes avec les fondants, afin que les couleurs aient le ton à l'emploi; mais si la coloration est propre à l'oxyde lui-même, et que celui-ci ne doive être que disséminé, et non à l'état de combinaison dans le flux, on ne doit pas fondre avant l'emploi: les couleurs variées que produit le peroxyde de fer sont dans ce cas; si l'on fondait le peroxyde de fer avec les flux, la couleur serait notablement altérée, et la deuxième fusion qu'elle éprouverait dans la cuisson de la peinture l'altérerait encore davantage.

L'assortiment des couleurs, dont nous venons d'indiquer succinctement le mode de préparation et la composition, suffit pour reproduire les chefs-d'œuvre de la peinture à l'huile. Toutes ces couleurs doivent pouvoir fondre en même temps et présenter après la cuisson un glacé suffisant et bien uniforme: cette condition est de rigueur.

Les peintures que nous offrent les couleurs chinoises sont loin de présenter ces conditions d'égalité dans l'épaisseur et le glacé des couleurs; les unes sont brillantes, parfaitement fondues et posées à une épaisseur

assez grande pour faire saillie sur la surface de la porcelaine : les couleurs roses obtenues de l'or, les bleus, les verts, les jaunes sont dans ce cas; d'autres, telles que les rouges de fer et les noirs, se présentent presque toujours complétement ternes ou seulement un peu glacées dans les minces; leur épaisseur est toujours beaucoup plus faible que celle des couleurs glacées. Les peintures chinoises ont du reste un caractère tout différent des nôtres : ni les figures ni les chairs ne sont modelées; des traits rouges ou noirs définissent tous les contours; les teintes ne se dégradent pas; les couleurs sont posées par teintes plates sur lesquelles le peintre revient quelquefois pour faire un damassé, soit avec la même couleur, soit avec des couleurs différentes ou des métaux, mais le mélange sur la palette des diverses couleurs broyées, procédé qui donne tant de ressources à nos peintres, ne paraît pas être en pratique chez eux. L'aspect de leurs peintures, examinées de près, rappelle celui des vitraux mosaïques qu'on fabriquait avec tant d'art au XIIIe siècle, et dans lesquels tout le dessin et tout le modelé des figures et des accessoires n'étaient produits que par des traits rouges ou bruns appliqués sur des fragments de verre blanc ou coloré.

Et quand on considère l'épaisseur des couleurs employées, et malgré cela le peu d'intensité, dans bien des cas, du ton obtenu, on est conduit à admettre que ces couleurs ne contiennent sans doute qu'une bien petite proportion de principes colorants comparativement aux nôtres. Cette conclusion a été complétement vérifiée par nos expériences; elles prouvent que les couleurs dont les Chinois ont su tirer un parti si remarquable, au point de vue de l'éclat et de l'harmonie de la décoration, ont beaucoup plus d'analogie avec les

matières vitrifiées, connues sous le nom d'*émaux*, qu'avec toute autre.

Avant de rendre compte de l'examen des matières dont il s'agira dans ce mémoire, nous devons adresser nos remercîments à M. Stanislas Julien, qui a bien voulunous donner l'explication d'un grand nombre de signes ou de termes chinois qui accompagnaient les échantillons envoyés.

Les matières examinées comprennent quelques matières premières de la fabrication des couleurs. Nous en dirons quelques mots d'abord. Quand aux couleurs, les unes, n'ayant encore reçu aucune préparation mécanique, sont en fragments plus ou moins volumineux, et sont désignées par le terme générique *seng*. Les autres sont pulvérisées et toutes préparées pour la peinture; on les désigne sous le nom de *si*.

1° *De quelques matières premières et oxydes isolés.*

Sy-chy-mo, c'est-à-dire poudre fine de pierre. — Cette matière est une poudre siliceuse, amorphe, grisâtre, mais qui blanchit au feu. On y aperçoit à la loupe quelques paillettes de mica. Elle est infusible au chalumeau; elle présente tous les caractères des sables siliceux dont nous nous servons pour la fabrication des cristaux et des verres. L'analyse, faite au moyen du carbonate de soude, a donné :

Perte au feu.	0,40
Alumine.	0,15
Oxyde de fer.	0,45
Chaux et magnésie. . . .	traces.
Silice.	98,70
	99,70

Le sy-chy-mo est probablement la matière dont se servent les Chinois pour fabriquer leurs émaux colorés.

Ils s'en servent aussi, d'après le P. Ly, pour durcir les couleurs déjà fabriquées quand ils les trouvent trop tendres ou trop fusibles: nous en verrons plus bas quelques exemples.

Yuen-feng, c'est-à-dire farine de plomb. — Nous avons examiné quatre échantillons variés de cette matière, qui n'est autre chose que de la céruse de belle qualité. Traitée par l'acide nitrique étendu, elle s'y dissout, à l'exception de quelques flocons siliceux, et la dissolution présente tous les caractères d'une solution de nitrate d'oxyde de plomb pur. Elle ne renferme que des traces d'oxyde de cuivre; nous n'avons trouvé aucune trace d'acétate de plomb.

Cette marchandise se trouve, dans le commerce chinois, enveloppée dans du papier qui porte en caractères imprimés le nom et le prospectus du fabricant.

Nous n'insisterons pas davantage sur l'influence que doivent exercer le sy-chy-mo et le yuen-feng sur les couleurs auxquelles on les mêle. Leur rôle, dans la fabrication, se déduit naturellement de leur nature et de leurs propriétés chimiques.

Fan-hong. — Le véritable caractère de cette substance est mis en évidence par la cuisson. Lorsqu'on en soumet à la chaleur une portion étendue en couche mince sur de la porcelaine, on remarque qu'après le refroidissement, elle n'a pris sur la couverte aucune adhérence. Nous n'avons donc pas cru devoir considérer cette matière comme une couleur toute faite, mais simplement comme un des éléments particuliers de certaines couleurs, et, pour cette raison, nous l'avons classée après le sable et et le céruse, avec le *thsing-hoa-liao*, qui s'est comporté de la même manière, et dont nous nous occuperons plus loin.

Le fan-hong est une poudre rouge, tachant les

doigts, légère, soluble dans l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique bouillants, très-difficilement attaquable par l'acide nitrique.

La dissolution dans l'acide chlorhydrique est à peu près complète; il ne reste que quelques grains de sable et quelques flocons siliceux dont la quantité augmente à peine par une évaporation à siccité.

La liqueur débarrassée de l'acide silicique par la filtration et traitée par l'hydrogène sulfuré ne donne lieu à aucun précipité de sulfure de plomb. L'ammoniaque donne un volumineux précipité d'oxyde de fer entraînant un peu d'alumine. L'oxalate d'ammoniaque ne décèle que des traces de chaux. La liqueur se comporte, du reste, comme une dissolution de perchlorure de fer pur.

Nous avons examiné deux échantillons différents, l'un, *a*, provenant de la collection de l'École des mines, l'autre, *b*, appartenant au Musée céramique; tous les deux ont présenté les mêmes réactions.

L'analyse a été faite de la manière suivante :

La matière, simplement séchée à l'air, a été pesée, calcinée et pesée de nouveau. La perte de poids correspondait à l'humidité. Le résidu a été dissous dans l'acide chlorhydrique, évaporé à sec, imbibé de quelques gouttes d'acide; on a filtré pour éloigner la silice devenue insoluble. Le précipité obtenu par l'ammoniaque a été redissous sur le filtre même et précipité par la potasse bouillante; on a filtré pour séparer l'oxyde de fer, et neutralisé par l'acide hydrochlorique la liqueur alcaline. L'hydrosulfate d'ammoniaque a précipité l'alumine. L'oxyde de fer redissous sur le filtre même dans l'acide chlorhydrique a été précipité par l'ammoniaque, lavé et calciné.

On a ainsi trouvé:

	a.	b.
Humidité.	1,00	1,20
Silice.	3,90	3,12
Alumine.	traces.	3,00
Oxyde de fer.	95,00	92,14
Chaux	traces.	traces.
Magnésie.	traces.	»
Perte.	0,10	0,54
	100,00	100,00

L'action de l'acide chlorhydrique sur le fan-hong, qui laisse un résidu de sable gris micacé, permet de supposer que cet oxyde de fer provient de la calcination de quelque dépôt naturel d'ocre jaune. Cependant il est difficile de se prononcer; car les Chinois connaissent parfaitement la couperose et le produit fixe de sa distillation (1). La première lettre du P. d'Entrecolles est très-explicite; il donne le nom de la couperose; les Chinois la nomment *tsao-fan*.

Le fan-hong est employé par les Chinois à la confection de différentes sortes de couleurs rouges par l'ad-

(1) Voici ce que dit le P. d'Entrecolles sur la préparation du rouge. Il l'applique seulement à tort à la préparation du rouge au grand feu, que nous savons ne pouvoir être reproduit qu'à l'aide du protoxyde de cuivre.

« On met 1 livre de couperose (*tsao-fan*) dans un creuset qu'on » lute bien avec un second creuset; au-dessus de celui-ci est » une petite ouverture qui se couvre de telle sorte qu'on puisse » aisément la découvrir, s'il en est besoin; on environne le tout » de charbons à grand feu, et pour avoir un plus fort réver» bère, en l'entoure par un circuit de briques, tandis que la » fumée s'élève fort noire; la matière n'est pas encore en état, » mais elle l'est aussitôt qu'il sort un petit nuage fin et délié. » Alors on prend un peu de cette matière, on la délaye dans l'eau » et on en fait l'épreuve sur le sapin. S'il en sort un beau rouge, » on retire le brasier qui environne et recouvre en partie le » creuset, et quand tout est refroidi, on trouve un petit pain de » ce rouge qui s'est formé au bas du creuset. Le rouge le plus » fin est attaché au creuset d'en haut. 1 livre de couperose » donne 4 onces du rouge dont on peint la porcelaine. »

dition, comme nous le verrons plus loin, soit de diverses proportions de céruse, soit de diverses proportions d'un silicate plombo-alcalin.

Thsing-hoa-liao. — La collection de l'École des Mines renferme huit échantillons différents de thsing-hoa-liao, trois dits de première qualité, trois dits de deuxième qualité, et enfin deux seulement de troisième qualité. Il est évident que ces matières ont une origine commune, et que ce n'est que l'essai qu'on en a fait qui a pu servir à les classer ainsi.

Parmi les trois échantillons de première qualité, l'un représente la matière brute, telle qu'on la trouve dans la mine, l'autre fait voir la matière grillée, la troisième enfin provient du broyage et de la porphyrisation du minerai grillé: ce dernier est tout prêt à être employé.

La collection du Musée céramique ne possède qu'une seule matière semblable au thsing-hoa-liao, et le P. Ly l'a désignée sous un nom différent; il la nomme *ching-lan*, qu'il traduit par bleu profond. Nous verrons que cette matière est en effet le bleu sous couverte et qu'elle se confond sous tous les rapports avec les thsing-hoa-lia de la collection de l'École des mines; elle est identique aux échantillons grillés et pulvérisés. Une étude comparative faite sur les deux matières ne permet pas de conserver de doute à cet égard.

Voici les caractères particuliers du minerai brut : il se présente sous forme de fragments concrétionnés et caverneux irréguliers, d'un noir brun foncé, tirant un peu sur le verdâtre, donnant une poussière brunâtre qui tache les doigts.

Soumis à l'action de la chaleur, il dégage de l'eau dans le tube fermé et prend, par une calcination prolongée, une teinte un peu plus verdâtre. La perte qu'il

éprouve de la part du feu s'élève aux 0,20 de son poids; il renferme de l'oxyde de manganèse associé à de l'oxyde de cobalt, mais ces oxydes ne constituent pas toute la masse des fragments. L'acide chlorhydrique qui le dissout laisse inattaquée une poussière blanche ou légèrement verdâtre, composée principalement d'acide silicique et d'alumine; le silicate d'alumine, considéré comme anhydre, constitue environ les 0,40 du poids des fragments essayés; mais cette proportion paraît variable d'un point à un autre.

La dissolution du minerai dans l'acide chlorhydrique s'opère facilement avec un dégagement de chlore. La liqueur, filtrée après évaporation à siccité, renferme des traces d'oxyde de cuivre, d'oxyde de nickel, d'acides sulfurique et arsénique; l'oxyde de cuivre n'y est pas soluble dans l'ammoniaque : elle renferme en outre de l'oxyde de manganèse, de l'oxyde de cobalt, un peu d'oxyde de fer et de l'alumine qui peut provenir de l'action de l'acide sur le silicate d'alumine hydraté qui est intimement mêlé au peroxyde de manganèse cobaltifère.

Quelques morceaux contiennent des fragments de quartz isolés parfaitement visibles.

La collection Rutherford-Alcock, qui contient plusieurs échantillons volumineux de cette matière, nous permettra d'en faire plus tard un examen plus approfondi et de reconnaître, s'il est possible, la cause de l'aspect particulier de ce singulier minerai.

Nous avons fait l'analyse de deux échantillons, l'un cru, l'autre grillé. Nous mettons en regard les résultats obtenus dans ces deux analyses.

La matière a été attaquée par l'acide chlorhydrique; la silice et le résidu inattaqué ont été séparés après évaporation à siccité. On a traité successivement par

l'hydrogène sulfuré et l'hydrosulfate d'ammoniaque : on a séparé l'oxyde de manganèse de l'oxyde de cobalt par la méthode décrite par l'un de nous (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, tome XXV, page 92), basée sur l'emploi de l'hydrogène sulfuré à une température élevée. Les sulfures formés ont été repris successivement, d'abord par l'acide chlorhydrique étendu, puis par l'acide nitrique.

Voici les résultats auxquels nous sommes arrivés dans l'analyse des deux échantillons :

	Minerai cru.	Minerai grillé.
Perte au feu (eau et oxygène).	20,00	4,00
Silice, résidu insoluble.	37,46	27,00
Oxyde de cuivre.	0,44	2,00
Alumine.	4,75	65,00
Oxyde de manganèse.	27,50	
Oxyde de cobalt.	5,50	
Oxyde de fer.	1,65	
Chaux.	0,60	1,00
Magnésie.	traces.	traces.
Acide arsénieux.	traces.	1,00
Oxyde de nickel, soufre. . . .	traces.	»
	97,90	100,00

L'échantillon grillé a été essayé au chalumeau. La poudre fond dans la perle de borax en la colorant en rose avec une légère teinte de bleu.

Avec la potasse au creuset d'argent, on obtient la coloration verte caractéristique de l'oxyde de manganèse ; l'eau dissout cette masse verte et l'acide nitrique la fait virer au rose.

Appliquée au pinceau sur du dégourdi de porcelaine de Sèvres mis en couverte et cuit au grand feu, cette matière a donné des traits bleus dans le mince, sensiblement grisâtres dans les vigueurs.

L'échantillon cru soumis aux mêmes épreuves s'est comporté de la même manière, mais en indiquant une plus forte dose d'oxyde de cobalt.

Le thsing-hoa-liao nous paraît donc être un minerai très-complexe de manganèse cobaltifère. Les Chinois s'en servent ou pour faire leurs peintures en bleu sous couverte ; ils lui donnent alors le nom de *ching-lan* ; ou pour faire leurs bleus de moufle quand l'oxyde de cobalt est en quantité convenable : nous verrons l'emploi qu'ils en font aussi dans la préparation du noir, quand nous traiterons de cette couleur. L'usage auquel ils destinent une portion donnée de ce minerai semble intimement lié à la proportion plus ou moins forte de l'oxyde de cobalt qu'il renferme (1).

Tous ces échantillons proviennent de la province de Yun-Nan : on les enlève du sommet d'une montagne ; avant de s'en servir, on les rôtit et on les broie. Ces données confirment celles fournies par le P. d'Entrecolles dans sa première lettre ; on y lit en effet : « L'azur » s'ensevelit dans le gravier qui est à la hauteur d'un » demi-pied dans le fourneau ; il s'y rôtit durant vingt-» quatre heures, ensuite on le réduit en une poudre » impalpable, ainsi que les autres couleurs, non sur le » marbre, mais dans de grands mortiers de porcelaine » dont le fond est sans vernis, de même que la tête du » pilon qui sert à le broyer. »

2° *Des couleurs brutes et préparées.*

Les couleurs qui composent les assortiments que nous examinons sont, les unes brutes et les autres pré-

(1) Depuis que ce travail est terminé, il est arrivé de Chine une nouvelle collection contenant soixante échantillons de couleurs variées, parmi lesquels vingt-trois sont autant d'échantillons différents de thsing-hoa-liao. Au nombre de ces vingt-trois couleurs, cinq sont indiquées par la traduction anglaise de la désignation chinoise comme étant diverses nuances de noir.

parées, et presque toujours on trouve réunies la couleur brute et la même toute préparée pour peindre. La différence qui les sépare n'existe seulement, quelquefois, que dans la préparation mécanique qu'on fait subir à la couleur brute pour la rendre propre à être appliquée au pinceau sur la pièce à décorer; d'autres fois, en même temps qu'on broie la couleur brute, on y ajoute ou du yuen-feng si l'on veut la rendre plus fusible, ou du sy-chy-mo si on la trouve trop tendre. Dans le premier cas, la couleur brute doit présenter, avec la couleur préparée, une identité complète de composition; dans le second, on remarquera une différence qui pourra permettre le contrôle des indications du P. Ly. Autant que nous l'avons pu, nous avons fait simultanément l'analyse des deux espèces de couleurs.

« Quand on se sert des couleurs brutes (dit le P. Ly), » on doit les broyer, et dans quelques-unes on doit » mêler le yuen-feng; mais on ne peut pas les acheter » toutes brutes ou naturelles, parce qu'elles sont ve- » nues de différentes provinces; celles qui sont venues » à King-te-tching on déjà subi la première préparation » dans leurs propres endroits. »

Les couleurs brutes se présentent généralement sous forme de morceaux fragmentaires irréguliers, vitreux; les uns opaques, les autres transparents, ayant tous la même coloration si la couleur est simple, ayant des colorations variées si la couleur ne peut être composée que par le mélange de deux ou plusieurs couleurs différentes.

Les proportions dans lesquelles on ajoute le yuen-feng aux couleurs qui ont besoin de cette addition pour être employées sont variables non-seulement pour les couleurs de nuances différentes, mais même pour des

échantillons d'une même couleur et de même nom, suivant la composition de la couleur primitive. Il doit en effet en être ainsi dans un pays où toutes les couleurs primitives provenant de districts éloignés ne sont pas faites par le même fabricant, et ou la température de la cuisson des peintures dépend uniquement de la volonté du décorateur.

Nous ferons précéder encore l'examen particulier de chaque couleur qui compose l'assortiment de la Chine par la description de quelques caractères communs sur lesquels nous n'aurons plus à revenir.

Lorsqu'on traite par les acides les couleurs dont les Chinois se servent pour décorer leurs porcelaines, si l'on agit à froid, la décomposition est lente. Mais si les acides sont concentrés et si l'action a lieu à la température de l'ébullition, la décomposition peut être complète. On retrouve dans la liqueur de l'oxyde de plomb, des alcalis, et les matières colorantes qui donnent à la couleur sa coloration propre. Il se fait un dépôt de silice mêlé de chlorure de plomb si l'on a fait usage d'acide chlorhydrique ou d'eau régale. La facilité de la décomposition est variable cependant avec la nature du principe colorant.

L'air humide agit lentement sur les couleurs de Chine quand elles sont réduites en poudre fine : il se forme, sous l'influence de l'acide carbonique de l'air, du carbonate de plomb que l'acide nitrique étendu dissout avec effervescence. La liqueur traitée par l'hydrogène sulfuré donne un notable précipité de sulfure noir de plomb. Les fragments nouvellement broyés et traités par l'acide nitrique ne sont point effervescents, et la dissolution limpide ne contient pas d'oxyde de plomb si elle a été faite à froid et avec un acide très-étendu.

Nous avons retrouvé cette propriété dans les cristaux

qui renferment 8 à 10 p. 100 d'alcalis, et nous avons pu la constater dans les produits des fabriques qui jouissent de la meilleure réputation (Saint-Louis, Baccarat, Clichy). On sait, du reste, que M. Chevreul a constaté, il y a plusieurs années, que les flacons de verre, dans la fabrication duquel on a fait entrer quelques cassures de cristal, cèdent très-facilement de l'oxyde de plomb aux dissolutions alcalines qu'on y renferme et qui deviennent bientôt susceptibles de noircir par l'hydrogène sulfuré.

Blancs.

Les blancs employés par les Chinois sont de plusieurs sortes, et nous verrons qu'ils ne diffèrent entre eux que par les proportions des éléments qui les composent.

Ils sont désignés par les noms de blanc de première, deuxième et troisième qualité, suivant que l'expérience a démontré qu'ils sont plus ou moins beaux.

Nous avons examiné et analysé les suivants de la collection céramique de Sèvres :

Po-ly-pé. — Littéralement, blanc de verre de première qualité.

Chang-pé. — Blanc de deuxième qualité.

Pou-pé.

Les autres blancs bruts (seng) ou en poudre (si) nous ont paru doués des mêmes propriétés que les précédents ; ce sont :

Chang-yan-pé. — Blanc d'Europe supérieur.

Sué-pé. — Blanc de neige de la troisième qualité.

Yan-yué-pé. — Blanc de lune, d'Europe.

Nous avons cru pouvoir nous dispenser d'en faire l'analyse. Le dernier, qui est un blanc légèrement verdâtre, est obtenu par le mélange d'un des blancs qui

précèdent avec l'un des verts transparents dont nous nous occuperons plus loin.

Seng-po-ly-pé.— « Couleur blanche de première qua-» lité, sans besoin de yuen-feng (1). »

Ce blanc est formé d'un mélange de divers fragments, les uns opaques, les autres opalins, d'autres enfin d'un aspect grisâtre et bulleux. En poudre, ces divers éléments donnent une poussière parfaitemént incolore.

Dans une analyse qualitative, on s'est assuré que l'opacité de ce blanc était due à la présense de l'acide arsénique; on n'a pu y constater que des traces d'oxyde d'étain. Les éléments du fondant sont du sable, de l'oxyde de plomb, des alcalis (potasse et soude), auxquels il faut ajouter des traces de chaux, d'oxyde de fer et d'oxyde de cuivre.

Pour l'analyse quantitative, on a fait fondre avec du carbonate de soude, on a repris par l'eau et l'acide nitrique, évaporé à siccité; on a ajouté de l'acide nitrique et filtré. La silice séparée a été débarrassée, par l'hydrosulfate d'ammoniaque, de l'acide stannique qu'elle pouvait contenir : il n'y en avait que des traces.

La liqueur filtrée a été traitée par l'acide sulfhydrique, et le dépôt laissé en contact avec l'hydrosulfate d'ammoniaque, pour enlever tout le sulfure d'arsenic. La dissolution arsenicale, décomposée avec précaution, a laissé déposer du sulfure d'arsenic souillé d'un excès de soufre. Le dépôt filtré, séché, a été analysé, le soufre dosé à l'état de soufre et d'acide sulfurique, et l'acide arsénique calculé d'après la quantité d'arsenic estimée par différence.

Le sulfure de plomb a été converti en sulfate, du

(1) Les parties de phrase entre guillemets sont tirées du catalogue descriptif du P. Ly.

poids duquel on a déduit la quantité de l'oxyde de plomb contenue dans la matière en expérience : il n'y avait que des traces d'oxyde de cuivre.

La liqueur, débarrassée des sulfures, a été neutralisée avec précaution par l'ammoniaque et additionnée d'hydrosulfate d'ammoniaque. On a ainsi précipité des sulfures de fer et de l'alumine qu'on a séparés par la potasse, après une dissolution sur le filtre même, à l'aide de l'eau régale étendue et chaude.

La liqueur privée des sulfures a été bouillie avec un peu d'acide chlorhydrique et filtrée. On a sursaturé par l'ammoniaque, précipité la chaux par l'oxalate d'ammoniaque, et la magnésie par le phosphate ammoniacal : il n'y en avait que des traces.

Une deuxième attaque a permis de séparer la potasse de la soude. On l'a faite à l'aide de l'acide fluorhydrique ; l'emploi successif dans la liqueur traitée par l'acide sulfurique et évaporée à siccité, de l'hydrogène sulfuré, de l'hydrosulfate d'ammoniaque, de l'oxalate d'ammoniaque, a permis de contrôler une partie des nombres obtenus dans l'attaque précédente. Les sulfates de potasse et de soude ont été séparés par l'acétate de baryte, en suivant la méthode de Berzelius. On a constaté la présence de la soude, mais en quantité à peine dosable.

On a trouvé de cette manière dans le blanc po-ly-pé :

Humidité.	0,40
Silice.	37,00
Cxyde de plomb.	44,39
Acide arsénique.	6,00
Alumine.	0,27
Oxyde de fer.	0,28
Chaux.	0,75
Magnésie.	traces.
Potasse.	9,50
Soude.	0,05
Oxyde de cuivre.	traces.
	98,64

Seng-chang-pé. — « Couleur blanche de deuxième » qualité, sans besoin de yuen-feng. »

Ce blanc offre la même apparence que celui qui précède ; analysé par la méthode que nous venons de décrire, il a donné les mêmes éléments, mais réunis dans des proportions différentes.

Le blanc chang-pé a été trouvé composé de :

Humidité.	0,50
Silice et oxyde d'étain. . .	37,00
Oxyde de plomb.	50,94
Acide arsénique.	6,00
Alumine.	0,15
Oxyde de fer.	0,30
Chaux.	0,60
Magnésie.	traces.
Potasse.	3,43
Soude.	0,34
Oxyde de cuivre.	traces.
	98,76

Les résultats de cette analyse diffèrent notablement de ceux qui précèdent. La proportion des alcalis n'est plus guère que le tiers de ce qu'elle était dans le blanc po-ly-pé. Ces nombres différeraient sans doute moins si la couleur était homogène ; mais nous avons indiqué qu'elle est formée de fragments, les uns opaques qui sont probablement plus nombreux, et les autres grisâtres qui ne semblent pas renfermer d'acide arsénieux.

Seng-pou-pé. — « Couleur blanche de la troisième » qualité. Pour s'en servir, on mêle 12 onces de *yuen-* » *feng* à 1 livre de pou-pé. »

Cette couleur diffère des précédentes par son aspect physique. On y retrouve bien encore les fragments opaques et opalescents que nous avons distingués dans les blancs po-ly-pé ; mais ils sont intimement mêlés à une substance sablonneuse grisâtre, que nous regar-

dons comme de la poudre de pierre ou sy-chy-mo que nous avons analysé plus haut.

Les fragments opaques nous ont donné de l'acide arsénieux ; ils contiennent 0,38 de leur poids d'acide silicique pur ; ce nombre se confond avec celui fourni par le blanc po-ly-pé, tout aussi bien qu'avec celui donné par le blanc chang-pé.

La poussière grisâtre, isolée autant que possible des fragments opaques, a été analysée, séparément, en la traitant par les mêmes procédés que ceux suivis précédemment pour les autres blancs : il est à supposer que si l'on avait traité successivement par les acides et les alcalis, on aurait enlevé tout le sable, et qu'on n'aurait trouvé dans le résidu que de la silice pure sans oxyde de plomb, ni acide arsénique, ni alcalis.

Nous avons trouvé dans 100 parties :

Humidité.	0,25
Silice.	70,60
Oxyde de plomb.	23,70
Acide arsénique.	1,50
Alumine.	0,42
Oxyde de fer.	0,35
Chaux.	0,23
Potasse.	4,00
Soude.	traces.
Oxyde de cuivre.	traces.
	101,05

La composition de la poudre grise explique parfaitement l'usage indiqué par le P. Ly de l'addition de 12 parties de céruse à 16 parties du composé qu'il nomme *pou-pé*.

Ya-pé, c'est-à-dire blanc d'ivoire ; littéralement, blanc de dent (étiqueté *blanc brillant*). — La collection (1)

(1) Ces couleurs avaient été rapportées de Canton, et provenaient d'un Chinois décorateur de porcelaine, nommé *Cum-*

des couleurs chinoises rapportées par M. Itier renferme un échantillon de blanc tout préparé pour peindre. Nous avons analysé ce blanc, et nous l'avons trouvé formé des mêmes éléments que ceux qui précèdent; l'alcali est remplacé en partie par de l'oxyde de plomb. Voici la composition de ce blanc, qui fait avec l'acide nitrique une légère effervescence :

Eau et acide carbonique. .	0,40
Silice.	36,00
Oxyde de plomb.	54,00
Acide arsénique.	5,60
Oxyde de fer.	0,80
Chaux et magnésie. . . .	1,20
Potasse et soude, perte. .	2,00
	100,00

L'acide arsénique paraît donc jouer un grand rôle comme corps opacifiant dans les couleurs des Chinois. Ce serait cependant une erreur de penser que l'usage et les propriétés de l'acide stannique sont inconnus à ces peuples. Nous soupçonnons que plusieurs des nombreux blancs faisant partie de la collection Rutherford-Alcock doivent à l'étain leur grande opacité. D'ailleurs, nous avons trouvé dans l'émail blanc relief d'un vase craquelé, de fabrication chinoise, la composition qui suit, et que nous rapprochons de celles que nous avons précédemment données :

Silice.	38,00
Oxyde de plomb.	51,00
Oxyde de cuivre.	traces.
Acide stannique.	10,41
Potasse et perte	0,59
	100,00 (1)

Chun. Elles étaient enveloppées dans des papiers portant des inscriptions chinoises que M. Stanislas Julien a bien voulu nous transcrire en caractères français, en nous en donnant la traduction.

(1) Pour faire avec l'acide arsénique du blanc offrant la

La collection nouvellement arrivée de Chine pour le Musée céramique, par suite de l'envoi de M. Rutherford-Alcock, contient plusieurs échantillons des blancs qui précèdent, les uns bruts, les autres préparés. Dans quelques-uns, il est dit qu'on ajoute du yuen-feng, à l'un $8\frac{1}{4}$ onces; à un autre, $4\frac{1}{2}$; à un troisième, $2\frac{1}{2}$ par $1\frac{1}{3}$ livre de la couleur blanche désignée. Ces additions, si différentes, correspondent à des fusibilités différentes de la couleur primitive.

Noirs.

Nous avons examiné quatre échantillons divers de noirs: ce sont le noir *si-fen-liao*, de la collection du Musée céramique, et les échantillons de noir luisant, de noir mat et de noir clair qui composent l'assortiment rapporté de Canton par M. Itier. Nous en avons fait l'analyse en combinant les méthodes analytiques exposées dans l'examen du thsing-hoa-liao, et des différents blancs qui précèdent. Nous n'avons donc pas les décrire de nouveau.

---

composition de ces couleurs chinoises, on fait une fonte avec

Fondant rocaille.	40
Acide arsénieux.	5
Nitre cristallisé.	3
	48

On pile et l'on mélange avec un fondant composé de telle sorte qu'il contienne le plomb et l'alcali nécessaires pour donner les doses centésimales données par l'analyse. Pour le blanc ya-pé, ce fondant se compose de

Craie.	2
Minium.	26
Sable.	27
Nitre.	3

A 465 parties du blanc on mêle 555 parties de ce dernier fondant.

Nous mettons en regard les résultats que nous avons obtenus :

	Fen-liao. I.	Ou-kin. II.	Liang-he. III	Tse-he. IV.
Perte au feu.	14,20	25,60	3.20	16,60
Silice.	2.00	1,98	50,70	6,00
Oxyde de plomb. . .	69,14	59,58	25,00	traces.
Oxyde de cuivre.. . .	4,60	8,40	5,80	5,40
Oxyde de fer.	3,00	1,70	10,02	70,00
Oxyde de manganèse. Oxyde de cobalt. . .	7,00			
Alumine.	0,24	0,62	0,52	0,40
Chaux et magnésie. .	0,60	1,43	1,67	1,20
Alcalis et perte. . . .	0,00	0,69	3,09	0,40
	100,78	100,00	100,00	100,00

Si-fen-liao. — C'est une poussière brune légèrement verdâtre. Avec l'acide nitrique faible, elle fait une vive effervescence, et la solution présente tous les caractères du nitrate e plomb. Au chalumeau, la perle de borax est colorée en violet avec une teinte de rose. La potasse en fusion, au creuset d'argent, donne la coloration caractéristique de l'oxyde de manganèse. L'acide chlorhydrique à chaud dissout de l'oxyde de manganèse avec dégagement de chlore et abondant dépôt de chlorure de plomb. Ce composé se présente donc comme un mélange de céruse et du minerai de manganèse cobaltifère.

Ou-kin, c'est-à-dire noir métallique, ou noir de corbeau (étiqueté *noir mat*). — Cette couleur est en fragments allongés sous forme de petites baguettes, ou en masses irrégulièrement arrondies. L'analyse a été faite sur un fragment globulaire. Les morceaux offrent une grande cohésion, se laissent pulvériser difficilement, et brûlent avec une odeur de colle forte très-prononcée. A froid, ils font, avec l'acide nitrique étendu, une vive effervescence, et la solution précipite abondamment par l'hydrogène sulfuré. Ils se comportent avec les réactifs chimiques comme le si-fen-liao du P. Ly.

Ces deux couleurs peuvent être comparées entre elles, et si l'on fait la part de la colle de peau de bœuf, qui donne à la seconde la cohésion qui la distingue, on trouve que toutes deux sont faites avec 5 parties de céruse et 1 partie du minerai thsing-hoa-liao ; il ressort encore de cette analyse que le minerai de cobalt doit être très-variable dans sa composition.

Il n'y a dans ces deux noirs que la silice introduite par le gangue du minerai de manganèse, et cette circonstance se présentera pour d'autres couleurs. Elle permet d'expliquer certains effets qu'on remarque dans les décorations de quelques porcelaines de Chine, ornées d'ornements mats, noirs ou rouges faisant un contraste agréable avec les autres ornements qui sont bien glacés.

Appliquées sur la porcelaine et cuites au feu de moufle, les deux couleurs qui précèdent n'ont pris d'adhérence que dans le mince. Dans l'épaisseur, l'oxyde de plomb a été absorbé par les oxydes qui, exempts d'acide silicique, n'ont pu former de vernis vitreux. Les parties minces, au contraire, ont pu briller à cause de la couverte qui a fourni à l'oxyde de plomb la silice nécessaire pour le transformer en silicate de plomb.

Liang-he, c'est-à-dire noir brillant (étiqueté *noir luisant*). — Ce noir se présente en poudre brune qui a dû être préalablement fondue : il fait avec l'acide nitrique faible une légère effervescence, et la solution filtrée précipite du sulfure de plomb par l'hydrogène sulfuré. Avec la perle de borax on obtient nettement le caractère de l'oxyde de cobalt. L'oxyde de manganèse y existe dans une proportion moindre que dans les autres noirs.

Tse-he, c'est-à-dire noir pour la porceleine (étiqueté

noir clair). Ce sont des fragments foncés verdâtres difficiles à écraser, répandant d'une manière prononcée l'odeur de la colle forte brûlée, quand on la soumet à l'incinération. Tous les caractères chimiques et physiques, font supposer qu'ils proviennent d'un mélange de thsing-hoa-liao avec de la gomme de peau de bœuf, ou *yeou-p'hy-kao*, que le P. Ly indique comme le dissolvant employé en Chine pour rendre certaines couleurs faciles à l'emploi. L'analyse qui précède confirme cette supposition. La silice, qui ne constitue que les 0,06 du poids de la masse, est souillée d'alumine; c'est la gangue du minerai cobaltifère; elle est légèrement verdâre. Nous avons essayé ce noir comme bleu sous couverte; il nous a donné des dessins bleus qui rappellent parfaitement ceux qu'on remarque sur bon nombre de porcelaines chinoises. Mais comme la température des fours de Sèvres est supérieure à celle des fours de la Chine, les parties où les oxydes avaient été mis épais se sont creusées pendant la cuison.

Bleus.

L'envoi du P. Ly comprend quatre échantillons différents de bleu que nous avons examinés successivement pour les comparer: deux sont bruts, deux autres sont tout préparés pour peindre; on verra, conformément à l'indication du P. Ly, que les couleurs brutes et les couleurs préparées ne diffèrent point.

Seng-khouang-thsei. — « Bleu de première qualité,
» brut; sans besoin de mélange de yuen-feng; il faut le
» broyer. »

Cette couleur est en fragments bien fondus, brillants et transparents, d'un beau bleu céleste. Cependant à l'intérieur de la masse on remarque quelques parties d'un bleu plus pâle, opaques, et dues à une fusion in-

complète. En poudre, la teinte bleue s'affaiblit et se maintient assez pure. Cette poudre, traitée immédiatement après qu'elle a été broyée par l'acide nitrique faible, ne fait pas effervescence.

Si-khouang-thsei. — « Couleur bleue déjà préparée, » première qualité. »

Ce bleu est en poudre, il fait une légère effervescence par suite de la présence d'un peu de carbonate de plomb; il se comporte comme le précédent avec les acides, à l'action desquels il résiste assez bien. L'acide chlorhydrique et l'eau régale le décolorent cependant complétement à l'aide d'une ébullition suffisamment prolongée.

Seng-ting-thsei. — « Couleur bleue de deuxième » qualité, brute, sans besoin de mélange de yuen-feng. »

Ce sont des fragments bleus complétement transparents. Triturés, ils donnent une poudre légèrement plus pâle et plus violacée que celle que fournit le bleu khouang-thsei; les acides agissent sur leur poussière comme sur la poudre du bleu de première qualité.

Si-ting-thsei. — « Couleur bleu de deuxième qualité » déjà préparée. »

C'est la poussière fournie par le broyage des fragments qui précèdent; elle fait avec l'acide nitrique étendu une légère effervescence.

Nous avons analysé les quatre échantillons de bleu que nous venons de nommer, par la méthode déjà décrite (1). Voici les résultats auxquels nous sommes parvenus; nous les mettons en regard :

(1) Dans toutes ces analyses, comme dans celles des noirs, après l'évaporation à siccité nécessaire pour éliminer la silice, celle-ci était souillée d'oxydes de manganèse et de cobalt insolubles dans l'acide nitrique. Avant de calciner l'acide silicique,

	Thouang-thsei.		Ting-thsei.	
	Seng.	Si.	Seng.	Si.
Perte au feu.	0,00	3,00	0,65	2,40
Silice.	48.21	46,40	38,81	37,20
Oxyde de plomb. . . .	32,84	30,89	44,14	42,18
Oxyde de cobalt. . .	1,50	1,60	0,68	0,50
Oxyde de fer.	1,63	1,50	1,03	1,06
Chaux.	0,97	0,85	0,83	0,64
Magnésie.	traces.	traces.	traces.	traces.
Potasse et soude. . .	13,78	13,20	11,10	13,39
Oxyde de cuivre. . .	1,00	0,96	0,50	0,15
Oxyde de manganèse.	0,50	0,62	1,00	1,00
Alumine.	0,06	0,15	0,50	0,50
	100,49	99,97	99,24	99,02

Dans la deuxième et la quatrième analyse, la perte comprend l'eau et l'acide carbonique du carbonate de plomb formé par l'altération de la couleur.

Les différences dans les proportions de l'oxyde de cobalt et de l'oxyde de manganèse rendent compte des différences de nuances que présentent ces deux bleus ; le deuxième est plus pâle et plus violacé.

M. Itier a rapporté de Canton deux échantillons de bleu que nous avons voulu comparer à ceux de la collection de Sèvres :

P'ao-lan. c'est-à-dire bleu précieux (étiqueté *bleu foncé*). — C'est une poudre mêlée de fragments, faisant une légère effervescence et résistant mieux que les précédentes à l'action des acides ; l'immersion dans l'eau permet d'apercevoir deux poudres inégalement bleues.

Tsing-fen, c'est-à-dire poudre bleue (étiqueté *bleu de ciel foncé*). — C'est une poudre plus pâle que la précédente ; elle fait une légère effervescence et s'altère plus facilement que le bleu foncé.

---

on le traitait, après l'avoir lavé, par l'acide chlorhydrique, et et on réunissait la liqueur acide à celle provenant de la première filtration. La silice bien lavée était parfaitement pure.

Voici les résultats des analyses de ces deux bleus :

	P'ao-lan.	Tsing-fen.
Perte au feu.	3.00	1,40
Silice avec traces d'acide stannique.	60,80	47,20
Oxyde de plomb.	18,76	38,90
Oxyde de cobalt.	1.62	0,50
Oxyde de fer.	1,50	1,00
Chaux.	1,08	0,64
Magnésie.	traces.	traces.
Potasse et soude.	10,19	9,34
Oxyde de cuivre.	1,00	traces.
Oxyde de manganèse.	1,50	0,84
Alumine.	0,55	0,18
	100,00	100,00

Ainsi il n'y a de différence entre tous ces bleus que la fusibilité : ils sont toujours faits par la même méthode ; c'est de l'oxyde de cobalt plus ou moins impur, dissous dans un verre plombo-alcalin plus ou moins fusible.

Verts.

Tous les verts employés en Chine pour la décoration de la porcelaine sont colorés par l'oxyde de cuivre, tantôt pur, tantôt modifié, soit en jaune par l'addition du jaune tout préparé, soit en bleuâtre par l'addition du blanc ou d'un fondant plus dur.

Nous n'avons fait l'examen que des échantillons bruts, penssant que, comme pour les bleus, les échantillons tout préparés ne différaient que par le broyage ou par l'addition de la céruse en proportion indiquée par la lettre du P. Ly.

Fei-thsei. — « Couleur verte de première qualité : » brute, dans une livre de laquelle on ajoute 12 onces » de yuen-feng. »

Ce vert correspond à peu près comme nuance au bleu turquoise, il donne une poussière vert d'eau pâle : dans le catalogue de l'envoi de l'École des mines, le P. Ly indique qu'on mêle à cette couleur du sy-chy-mo,

quand elle est de qualité grossière; c'est sans doute dans ce cas qu'il faut faire l'addition considérable de yuen-feng indiquée plus haut, addition qui ne paraît pas nécessaire pour faire glacer le vert fei-thsei tel que l'échantillon du Musée céramique le présente.

Cette couleur est le produit du mélange fondu légèrement du blanc avec le vert qui va suivre.

Nous avons trouvé dans l'assortiment de M. Itier, deux verts qui se rapportent à cette nuance, l'un que M. Itier nomme bleu clair, l'autre qu'il appelle vert d'eau, c'est-à-dire bleu clair (étiqueté *bleu clair*).

Tcha-lan. — La couleur de la poussière ainsi nommée est le bleu turquoise pâle: l'immersion dans l'eau permet d'y distinguer deux poudres différentes, l'une bleu turquoise, l'autre blanche ou grisâtre; c'est cette dernière qui affaiblit la vigueur du bleu. Le mélange de ces deux poudres fait, avec l'acide nitrique, une légère effervescence.

Chan-lou, c'est-à-dire vert de montagne (étiqueté *vert d'eau*). — Cette couleur est une poudre homogène qui a la plus grande analogie avec le bleu fei-thsei de la collection du P. Ly. La coloration est due au cuivre à l'état de deutoxyde.

Nous avons analysé ces trois échantillons, et nous mettons en regard les résultats que nous avons obtenus:

	Fei tsei.	Tcha-lan.	Chan-lou.
Perte au feu	0,50	2,40	1,00
Silice avec traces d'acide stannique	37,50	41,50	42,44
Oxyde de plomb	44,13	44,40	43,40
Oxyde de cuivre	3,00	2,40	3,41
Alumine et oxyde de fer	traces.	0,86	1,26
Chaux	0,25	2,11	2,00
Acide arsénique	4,00	7,33	6,49
Potasse et soude	10,00		
	99,38	100,00	100,00

La présence d'un blanc opaque n'est pas nécessaire pour reproduire cette teinte avec l'oxyde de cuivre : l'addition d'un fondant silico-alcalin, contenant parties égales de sable et d'oxyde de plomb, suffit pour modifier dans ce ton la nuance du vert chang-lou dont nous allons nous occuper. Il est donc possible qu'il n'y ait pas de blanc dans le bleu pâle de M. Itier, et que les parties grisâtres soient simplement un fondant plombo-alcalin.

Seng-chang-lou. — « Couleur verte de quatrième » qualité, dans laquelle on mêle 5 onces de yuen-feng. »

Cette couleur se présente en masses vertes, couleur du vert de vessie ; traitée par les acides, elle se comporte comme toutes les couleurs chinoises ; dans la dissolution on a recherché la présence de l'oxyde de cuivre ; c'est lui qui est le principe colorant. On n'a pu découvrir la moindre trace d'oxyde de chrome.

Nous avons trouvé dans ce vert les éléments suivants :

Humidité.	0,67
Silice.	41,20
Oxyde de plomb.	49,05
Oxyde de cuivre.	5,05
Alumine.	0,17
Oxyde de fer.	0,05
Chaux.	0,12
Potasse.	3,96
Soude.	0,60
	100,87

Ce vert renferme moins d'alcalis que les précédents, mais un peu plus d'oxyde de plomb. Nous ne l'avons pas trouvé dans la collection de M. Itier, mais nous y avons rencontré les suivants. La collection de l'École des mines renferme deux échantillons de vert chang-lou : ils ont le même aspect que celui que nous avons examiné, l'un est en poudre (si), l'autre est en fragments (seng).

Seng-chang-kou-lou. — « Couleur verte de cinquième
» qualité, dans une livre de laquelle on met 5 onces
» de yuen-feng. »

En examinant la couleur brute telle que le P. Ly l'a envoyée, on voit sans peine qu'elle est le résultat d'un mélange de deux sortes de fragments vitreux fondus, de deux nuances: les uns verts, analogues au vert que nous venons d'analyser; les autres jaunes qui se confondent avec le jaune chang-hoang que nous allons retrouver tout à l'heure. L'examen que nous avons fait des verts du même nom des collections de M. Itier et de l'École des mines confirme que ce vert est formé d'un mélange de chang-lou et de jaune chang-hoang. Nous avons séparé et pesé les fragments verts et les fragments jaunes isolés; nous avons trouvé de la sorte que ce vert jaune se compose pour 100 parties de:

Vert chan-lou	60
Jaune chang-hoang	40
	100

Les fragments verts ont été analysés séparément. Nous leur avons trouvé une composition identique à celle du vert chang-lou dont l'analyse précède:

Humidité	0,51
Silice	41,50
Oxyde de plomb	48,40
Oxyde de cuivre	5,50
Alumine	0,40
Oxyde de fer	0,07
Chaux	0,18
Potasse et soude	3.44
	100,00

Les alcalis ont été dosés par différence, les fragments jaunes ont été de même soumis à part à l'analyse; on a trouvé qu'ils étaient colorés par l'antimoine, et qu'ils renfermaient les 0,40 de leur poids d'acide sili-

cique : c'est ce que le jaune chang-hoang contient, ainsi qu'il ressort des analyses que nous allons donner plus bas.

L'analyse que nous avons faite des verts jaunes contenus dans l'assortiment rapporté par M. Itier nous donnera la composition des mélanges qui les composent ; nous les mettons en regard.

Eul-lou, c'est-à-dire second vert (étiqueté *vert jaune clair*). — En poussière si fine, qu'on n'aperçoit qu'avec peine sous l'eau les divers éléments qui la composent. Cependant, avec un peu d'attention on y distingue deux composés vitreux, l'un jaune et l'autre vert. La couleur du mélange est jaune verdâtre pâle ; il fait une légère effervescence avec l'acide nitrique étendu, et l'hydrogène sulfuré précipite en noir du sulfure de plomb.

Fen-lou, c'est-à-dire poudre verte (étiqueté *vert jaunâtre clair*). — C'est un mélange intime de trois composés différents qu'on n'aperçoit et ne distingue bien qu'en mettant la poudre dans l'eau ; l'une est verte, l'autre jaune, la troisième blanche. La couleur du mélange est le vert jaunâtre pâle ; il fait effervescence avec l'acide nitrique étendu, et l'hydrogène sulfuré donne dans la liqueur filtrée un précipité noir.

Voici la composition de ces deux derniers verts :

	Eul-lou.	Fen-lou.
Perte au feu	2,60	2,50
Silice avec traces d'acides stannique.	33,30	36,80
Oxyde de plomb	53,14	51,04
Oxyde de cuivre	0,60	0,51
Oxyde d'antimoine	3,00	2,01
Alumine et oxyde de fer	1,06	1,12
Chaux	2,11	1,74
Magnésie	0,03	0,05
Acide arsénique	»	0,50
Alcalis et perte	4,16	4,23
	100,00	00,50

Nous remarquons une grande uniformité dans la composition du fondant de toutes ces couleurs vertes; celle qui suit s'en éloigne, mais on diminue la différence qu'elle présente par une forte addition de yuen-feng.

Peng-ly-lou. — « Couleur brute verte de sixième » qualité. Pour s'en servir, il faut la mêler et la broyer » avec du yuen-feng; dans une livre on met 19 onces » de yuen-feng. »

Le catalogue de l'École des mines indique que ce vert, nommé vert indigène, est tiré du district de Fou-leang-hien. C'est un mélange très-complexe formé de fragments d'un vert de vessie, analogues à ceux désignés ci-dessus par le nom de chang-lou, et d'une poudre grenue, brunâtre et légèrement violacée; on a pu extraire de ce mélange 25 parties de la poudre pour 75 parties du vert chang-lou.

Les fragments verts ont donné les réactions du vert de première qualité; ils contiennent comme ceux-ci les 0,41 de leur poids en silice; c'est ce que contient le vert seng-chang-lou de la collection du Musée céramique.

On peut extraire de la poussière violâtre qui accompagne les fragments, par des lavages appropriés, jusqu'à trois substances différentes:

1° Une poussière verte qui provient assurément de la destruction par frottement de quelques fragments verts de chang-lou;

2° Une poussière grisâtre d'aspect sablonneux, à laquelle nous avons reconnu les caractères du sy-chy-mo;

3° Enfin une poudre violacée renfermant du cuivre.

Le mélange de ces trois substances s'attaque par l'acide azotique avec dégagement de vapeurs nitreuses; il reste inattaquées la poussière verte et la poudre gri-

sâtre. La dissolution qui surnage est bleue et donne toutes les réactions du cuivre. L'acide chlorhydrique étendu lui enlève de l'oxyde de cuivre ; les deux premières matières pulvérulentes restent sans se dissoudre. Dans la liqueur filtrée, les réactifs décèlent la présence d'un sel de deuxtoyde de cuivre. L'acide chlorhydrique concentré se comporte de même ; il dissout en plus un peu d'oxyde de plomb.

L'existence de ces différents principes est d'ailleurs mise à découvert par l'analyse que nous avons faite d'une partie du mélange. Voici la composition brute que nous lui avons trouvée :

Silice.	67,9
Oxyde de plomb.	2,0
Cuivre.	20,7
Oxyde de fer.	1,0
Chaux.	0,3
Alumine.	0,5
Oxygène, potasse et perte.	7,6
	100,0

Nous avons indiqué le cuivre comme métal ; il est à deux états différents d'oxydation. Cette composition rend parfaitement compte de l'addition considérable de céruse indiquée dans la lettre du P. Ly.

Cette couleur broyée donne une poussière brun violâtre sale ; mais après la cuisson elle donne un vert frais, analogue à celui fourni directement par le vert chang-lou.

Nous avons rencontré dans l'assortiment de M. Itier une couleur analogue qu'il appelle vert de Scheele.

Ta-lou, c'est-à-dire grand vert (étiqueté *vert de Scheele*). — C'est une poudre couleur nankin, réunie sous forme de fragments irréguliers, qui développe une teinte verte par l'action du feu. Elle fait effervescence avec l'acide nitrique étendu, et la solution précipite par

l'hydrogène sulfuré du sulfure de plomb. L'acide nitrique ne l'attaque pas à chaud ; la coloration nankin persiste, ce qui fait supposer que le cuivre y est à l'état de silicate de protoxyde. L'eau régale et l'acide chlorhydrique l'attaquent entièrement; on retrouve dans la dissolution un mélange d'oxyde de plomb et de deutoxyde de cuivre.

Nous l'avons trouvé composé de :

Perte au feu.	4,30
Silice.	35,20
Oxyde de plomb.	51,05
Oxyde de cuivre.	3,98
Alumine et oxyde de cuivre.	1,40
Chaux.	1,00
Magnésie.	traces.
Acide stannique.	traces.
Alcalis et perte.	3,07
	100,00

Ces nombres se rapprochent beaucoup de ceux que nous avons indiqués plus haut.

Tous les verts qui précèdent sont obtenus par la dissolution de quelques centièmes d'oxyde de cuivre dans un flux vitreux composé dans des proportions qui varient avec la nuance désirée.

Nous avons remarqué par des expériences directes que l'oxyde de plomb faisait verdir la nuance due à l'oxyde de cuivre. La soude communique aussi au verre plombeux, coloré par l'oxyde de cuivre, une teinte moins bleue que celle que développe la potasse à poids égal et dans les mêmes circonstances.

Jaunes.

C'est l'antimoine qui colore les jaunes qui servent en Chine à la décoration des porcelaines. Les assortiments que nous avons examinés nous en ont offert plusieurs,



les uns bruts, les autres tout préparés. Il y a le jaune *thsing-hoang* et le jaune *chang-hoang*, en doubles échantillons bruts (seng) et tout préparés pour peindre (si).

Le catalogue de l'École des mines indique aussi un jaune *yan-hoang*, ou jaune d'Europe, de même en doubles échantillons *seng-yan-hoang* et *si-yan-hoang*. M. Itier a encore rapporté un jaune tout préparé pour peindre.

Nous avons fait l'analyse du jaune *seng-chang-hoang* de la collection de Sèvres et celle du jaune de M. Itier. Les autres offraient avec ceux-ci une analogie telle, que nous avons cru pouvoir nous dispenser de les examiner de plus près.

Seng-chang-hoang. — « Couleur jaune, dans laquelle » on mêle 5 onces de yuen-feng; il faut la broyer. »

Cette couleur se présente sous forme de fragments légèrement verdâtres, jaune clair, fondus, mais n'ayant subi qu'une fusion incomplète; ils sont bulleux. L'acide chlorhydrique attaque ce jaune réduit en poudre.

L'antimoine a été cherché dans la liqueur acide séparée de l'acide silicique par filtration, et dans la silice qui en retient la plus grande partie. On a trouvé ce jaune composé de :

Humidité.	1,13
Silice.	40,47
Oxyde de plomb.	51,53
Oxyde de cuivre.	0,35
Alumine et oxyde de fer.	traces.
Chaux.	0,17
Acide antimonique	3,60
Potasse.	3,39
Soude.	0,71
	101,35

Hoang-se, c'est-à-dire couleur jaune (étiqueté *jaune*).

— Cette couleur est en poudre jaune pâle, elle paraît homogène même sous l'eau ; elle fait, avec l'acide nitrique étendu, une très-légère effervescence, et la dissolution filtrée donne, avec l'hydrogène sulfuré, un dépôt noir de sulfure de plomb. On en a fait l'analyse, et on peut voir que c'est le même jaune que le jaune chang-hoang du P. Ly, surtout si l'on admet que le jaune de M. Itier a reçu en mélange une petite dose de yuen-feng, que le prêtre chinois indique devoir être ajoutée au chang-hoang brut.

Voici les nombres trouvés dans l'analyse de ce jaune :

Perte au feu.	2,10
Silice avec traces d'acide stannique. .	33,00
Oxyde de plomb.	54,14
Oxyde de cuivre.	0,30
Acide antimonique.	3,27
Alumine et oxyde de fer.	0,80
Chaux.	0,70
Magnésie.	0,60
Alcalis et perte.	5,09
	100,00

Les jaunes ont donc, comme les verts, les bleus et les blancs, un fondant qui offre toujours le même caractère de généralité (1).

(1) Pour reproduire les jaunes de l'assortiment des couleurs de la Chine, on commence par fondre légèrement le mélange suivant, qui donne un jaune de Naples fusible :

Mine orange.	8
Sable.	4
Antimoine diaphorétique. . .	4

On fait fondre d'autre part le mélange suivant, en un verre transparent :

Mine orange.	44
Sable.	36
Carbonate de soude fondu. .	7

On arrache du creuset avec les pinces, et on mêle ce fondant avec le jaune de Naples qui précède pour le faire fritter légè-

Rouges.

Nous avons vu que la matière désignée sous le nom de *fan-hong*. que nous avons rencontrée tant dans la collection de l'École des mines que dans celle du Musée céramique, n'était pas une couleur, quoiqu'elle fût classée parmi les couleurs rouges, mais bien un oxyde de fer servant de base à plusieurs couleurs de cette nuance. Nons avons, en effet, trouvé dans les couleurs rapportées de Canton, par M. Itier, quatre couleurs différentes dans la composition desquelles il entre de ce fan-hong. Les unes ne renferment que le fan-hong, comme matière colorante, mêlé à un corps simple ou composé dont le but est de faire adhérer et glacer l'oxyde de fer; c'est à celles-là que M. Itier a donné les noms de *jaune orangé rouille*, *couleur de chair* et *couleur de rouille;* l'autre est un mélange de l'une des couleurs qui précèdent avec le jaune chang-hoang; c'est celle-là que M. Itier a désignée par *jaune sale.*

Ta-hong, c'est-à-dire grand rouge (étiqueté *jaune orangé rouille*). — Ce rouge se présente en fragments allongés amorphes, contournés et luisants, non friables, durs à écraser, brûlant avec une odeur très-prononcée de colle forte ; il perd au feu les 0,244 de son poids, fait avec l'acide nitrique étendu une effervescence prolongée, et la solution filtrée précipite abondamment, par l'hydrogène sulfuré, du sulfure noir de plomb. Toute coloration disparaît avec l'acide chlorhydrique bouillant. Il y a quelques traces d'acide silicique. Tous

---

rement. On obtient de la sorte un jaune qui a la même composition et les mêmes propriétés que le jaune chang-hoang. On prend :

Fondant.	84
Jaune de Naples.	16
	100

ces caractères forcent à ne voir dans cette couleur qu'un mélange de céruse (yuen-feng) avec l'oxyde de fer (fan-hong) que nous avons analysé plus haut.

Cette couleur, appliquée sur porcelaine et cuite à la température à laquelle les autres couleurs ont pris un glacé convenable, n'a pris d'adhérence que dans le mince; les épaisseurs sont restées pulvérulentes.

Tse-hong, c'est-à-dire beau rouge rose (étiqueté *couleur de chair*).— Cette couleur est en fragments d'un rouge clair, plus rosé que ceux qui forment le jaune orangé rouille; elle est difficile à broyer et répand, quand on la calcine, l'odeur caractéristique de la colle forte brûlée.

Elle fait effervescence avec l'acide nitrique étendu, et la solution précipite en noir par l'hydrogène sulfuré. La coloration disparaît avec l'acide chlorhydrique bouillant. On ne voit ni à l'œil nu, ni sous l'eau, aucun mélange de corps étrangers, tant le broyage est parfait: il n'y a que quelques centièmes d'acide silicique. On pouvait supposer, d'après ces réactions, que ce rouge se comporterait au feu comme le rouge qui précède, et l'expérience a pleinement confirmé cette supposition. On a fait l'analyse de ces deux rouges; on les a trouvés composés de:

	Ta-hong.	Tse-hong.
Perte au feu.	24,40	23,40
Silice.	0,90	5,60
Oxyde de plomb.	59,00	62,52
Oxyde de cuivre.	traces.	traces.
Alumine et oxyde de fer.	14,15	7,20
Chaux.	1,00	1,00
Magnésie.	traces.	traces.
Perte.	0,55	0,28
	100,00	100,00

Ces couleurs offrent, comme particularité remarquable, l'absence de la silice: on peut admettre que

celle qui se trouve dans le rouge de chair provient d'un peu de fondant ajouté à dessein, comme nous en trouverons dans un troisième échantillon; mais le premier n'en renferme pas, c'est ce qui explique la manière dont il s'est comporté à la cuisson. Nous avons vu, en analysânt les noirs de la porcelaine de Chine, que le fan-hong n'est pas le seul oxyde qui puisse se transformer en couleur par l'addition pure et simple du yuen-feng; nous avons donné, à cette occasion, une explication qui paraîtra suffisante et qui s'appliquerait aussi bien ici, sur la cause qui rend cette couleur brillante dans le mince, sèche et pulvérulente dans les épaisseurs.

Ces analyses confirment en tous points les indications que donne le P. Ly au sujet du fan-hong dans le catalogue descriptif de la collection de l'École des mines: « Pour chaque once, on ajoute 5 onces de cé-
» ruse, et l'on broie le tout ensemble; on se sert ensuite
» de ce mélange ainsi combiné. »

C'est dans ces mêmes rapports que se trouvent l'oxyde de plomb et l'oxyde de fer dans le premier rouge de M. Itier.

P'ao-chi-hong, c'est-à-dire rouge précieux de pierre (étiqueté *couleur de rouille*). — Cette couleur diffère complétement de celles qui précèdent, par la manière dont elle se comporte au feu: elle glace aussi bien dans le mince que dans l'épais; c'est avec cette couleur que sont faits ces fonds rouges si glacés, au milieu desquels les Chinois réservent souvent, par grattage, des ornements blancs du plus heureux effet.

Ce rouge est en poussière bien homogène, il ne répand pas, quand on l'incinère, l'odeur de la colle forte brûlée; il ne fait avec l'acide nitrique étendu qu'une effervescence très-courte; la solution précipite en noir

par l'hydrogène sulfuré. Toute coloration disparaît par l'acide chlorhydrique bouillant. La liqueur présente alors tous les caractères d'une dissolution d'oxyde de fer dans l'eau régale, souillée d'un peu de chlorure de plomb.

Voici les résultats de l'analyse que nous avons faite de ce rouge :

Perte au feu.	2,20
Silice.	36,10
Oxyde de plomb.	41,16
Oxyde de cuivre.	traces.
Oxyde de fer et alumine. .	17,00
Magnésie.	traces.
Chaux.	1,10
Alcalis et perte.	2,44
	100,00

Ces nombres expliquent suffisamment pourquoi la couleur a glacé dans l'épais comme dans le mince.

Le rouge qui suit nous présente un mélange de jaune et de rouge fait avec le fan-hong ; c'est le jaune sale de M. Itier.

Kou-tong, c'est-à-dire vieux cuivre, vieux bronze (étiqueté *jaune sale*). — Cette couleur est une poussière rouge brique ; par le fait de la cuisson, elle ne donne qu'un ton sale jaunâtre non glacé ; c'est ainsi que se comporte un mélange de jaune et de rouge de fer. Cette couleur n'a donc pas le ton à l'emploi.

L'acide chlorhydrique bouillant fait disparaître toute coloration ; nous avons vu que le jaune lui-même s'attaque dans ces circonstances ; la liqueur renferme de l'antimoine, du plomb et du fer. Nous avons trouvé dans ce rouge :

Perte au feu.	6,80
Silice.	22.00
A reporter.	28,80

Report	28,80
Oxyde de plomb	56,64
Oxyde de cuivre	0,20
Oxyde de fer	7,20
Alumine	0,40
Chaux	1,40
Magnésie	traces.
Acide antimonique	1,02
Alcalis et perte	4,34
	100,00

Ainsi, les Chinois connaissent l'usage de l'oxyde de fer pour obtenir des tons rouges glacés ou non glacés; mais il est au moins singulier qu'ils ignorent les différents tons qu'on peut se procurer avec ce même oxyde en le soumettant, pendant sa préparation, à des températures de plus en plus élevées.

L'oxyde de fer n'est pas la seule matière dont les Chinois se servent pour obtenir des rouges dans leur palette pour décorer la porcelaine. Ils connaissent très-bien l'emploi de l'or, et les collections de M. Itier et du P. Ly nous en présentent plusieurs échantillons que nous allons examiner, et qui doivent à ce métal leur coloration rose caractéristique.

La collection du Musée céramique renferme deux couleurs en doubles échantillons, l'un broyé, l'autre brut; ce sont le yen-tchy-hong ou rouge pour le fard, et le ting-hong ou rouge de lèvres. Nous les retrouvons dans la collection de l'École des mines, ainsi qu'un troisième rouge, nommé tchon-hong ou rouge moyen; nous n'avons analysé que ceux du Musée céramique et ceux de M. Itier, les autres offrant une analogie de propriétés qui rendait inutile un examen plus approfondi.

Seng-yen-tchy-hong. — « Couleur rouge de première » qualité, sans besoin de mélange; pour s'en servir, » il faut la broyer. »

Cette couleur se présente en fragments brunâtres lustrés, frittés extérieurement, présentant à l'intérieur quelques parties pulvérulentes d'un beau rose. Les fragments extérieurs pulvérisés donnent une poussière rose légèrement violacée. C'est cette poussière qui constitue le rouge suivant.

Si-yen-tchy-hong. — « Couleur rouge de la première » qualité, déjà préparée, sans mélange de yuen-feng. »

Cette poudre est pâle ; elle fait, avec l'acide nitrique faible, une légère effervescence due à la décomposition du carbonate de plomb qui s'est formé par suite de l'altération de la couleur, soit par le broyage, soit par son exposition prolongée à l'air humide.

Ces deux couleurs offrent la plus grande analogie avec les deux qui suivent et que nous avons analysées. Les analyses n'établissent pas de différences tranchées entre ces quatre matières.

Seng-ting-hong. — « Couleur rouge de deuxième » qualité, sans besoin de yuen-feng; pour s'en servir, » il faut la broyer. »

Si-ting-hong. — « Couleur rouge de deuxième qua- » lité, déjà préparée, sans mélange de yuen-feng. »

Nous avons étudié sur ces rouges l'action des acides; voici ce que nous avons observé :

L'acide nitrique, l'acide chlorhydrique, l'eau régale à froid, même après porphyrisation, n'attaquent ces couleurs que difficilement. A chaud, ces acides agissent différemment. L'acide nitrique concentré enlève de l'oxyde de plomb en grande quantité; de l'acide silicique se dissout aussi, mais il en reste à l'état gélatineux; la coloration rose persiste, et le principe colorant semble se concentrer dans un résidu inattaquable par l'acide nitrique, même après une ébullition prolongée. Ce résidu est promptement attaqué par la

potasse, la soude et leurs carbonates quand l'action a lieu à chaud avec des dissolutions concentrées. Il ne reste plus dans la liqueur que quelques légers flocons bleus d'or excessivement divisé.

L'eau régale, à l'ébullition, altère cette couleur après porphyrisation, d'une manière complète : il reste un dépôt de chlorure de plomb et de silice; toute coloration disparaît, l'or se trouve en entier dans la liqueur à l'état de perchlorure d'or.

L'acide chlorhydrique, à l'ébullition, dissout difficilement le rouge chinois; il reste une poudre inattaquable; la dissolution filtrée ne contient pas la moindre trace d'or.

Nous n'avons trouvé dans cette couleur ni étain ni acide borique; nous n'avons rencontré, comme principes essentiels, que de la silice, de l'oxyde de plomb, de la potasse, de la soude et de l'or; comme éléments accessoires, des traces d'alumine, d'oxyde de fer, d'oxyde de cuivre, de chaux et de magnésie.

Nous mettons en regard les résultats des analyses effectuées sur les quatre échantillons de la collection du Musée céramique :

	Yen-tchy-hong.		Ting-hong.	
	Seng.	Si.	Seng.	Si.
Perte au feu	1,21	3,60	1,19	3,20
Silice	40,00	38,80	39,71	38,30
Oxyde de plomb	48,55	47,37	48,70	48,00
Alumine	0,20	traces.	0,45	0,29
Oxyde de fer	0,31	0,30	0,23	0,30
Chaux	traces.	traces.	0,41	0,15
Magnésie	0,05	traces.	traces.	traces.
Potasse de soude	8,00	7,54	7,90	7,60
Oxyde et cuivre	0,40	0,40	0,30	0,44
Or métallique	0,20	0,25	0,20	0,30
Perte	1,08	1,74	0,91	1,42
	100,00	100,00	100,00	100,00

On a déterminé par voie sèche la quantité d'or contenue dans cette couleur :

10 grammes ont été fondus avec
15 grammes de tartrate de soude,
10 grammes de borax,
10 grammes de carbonate de soude fondu.

On a laissé refroidir la masse dans le creuset dans lequel avait eu lieu la fonte. En cassant le creuset, on a retiré un culot de plomb métallique pesant $4^{gr},69$, surmonté d'une scorie qui a dû être très-liquide, et qui ne contenait plus aucune grenaille métallique. Ce culot de plomb, passé à la coupelle, a laissé un bouton d'or pur, pesant $0^{gr},025$, ne contenant que des traces d'argent. Cette quantité d'or s'accorde avec celle trouvée par voie humide.

On voit, d'après ces analyses, que ces quatre échantillons sont identiques. Nous retrouvons encore la même composition dans le rouge rapporté de Canton par M. Itier. Les premiers viennent de King-te-tching; on peut donc regarder comme bien générale la préparation des couleurs d'or fabriquées en Chine.

Hong-hoa, c'est-à-dire rouge de carthame (étiqueté *laque rose sale*). — C'est à cette couleur que M. Itier a donné le nom de *laque rose sale:* elle est en poudre, d'un rose légèrement pourpré; elle subit, de la part des acides froids et chauds, la même sorte d'altération que les rouges que nous venons d'examiner; c'est la même matière, comme on en peut juger par les résultats de l'analyse que nous en avons faite. On y a trouvé :

Perte au feu.	1,40
Silice.	41,78
Oxyde de plomb..	44,13
Oxyde de cuivre.	0,26
Alumine et oxyde de fer. . . .	2,40
A reporter.	89,97

Report	89,97
Chaux	1,60
Magnésie	0,11
Or métallique	0,38
Alcalis et perte	7,94
	100,00

La collection rapportée par M. Itier offre encore deux couleurs, qui ne sont que des mélanges de ce rouge avec d'autres couleurs que nous avons déjà examinées; il les désigne sous les noms d'*amarante foncé* et de *rose couleur cobalt*. Nous en avons encore fait l'analyse et l'examen.

Tsing-lien, c'est-à-dire nénuphar bleu (étiqueté *amarante foncé*). — Cette couleur se présente sous forme d'une poudre d'un violet léger; mise dans l'eau, on y distingue trois substances de colorations différentes, l'une incolore, la deuxième rose, et la troisième bleue. La poudre résultant du mélange ne fait, avec l'acide nitrique étendu, qu'une effervescence très-faible; c'est un mélange de blanc, de bleu et de rouge.

Hong-fen, c'est-à-dire poudre rouge, littéralement farine (étiqueté *rose couleur cobalt*). — L'eau sépare cette poudre en deux substances, l'une blanche, l'autre rose; la couleur du mélange est le rose pâle. Cette matière se comporte avec les acides à froid et à chaud comme un mélange de blanc et de rose; nous y avons recherché la présence de l'oxyde de cobalt, sans pouvoir en découvrir la moindre trace.

Voici en regard les nombres que nous a fournis l'analyse de ces deux derniers échantillons;

	Tsing-lien.	Hong-fen.
Perte au feu	2,00	1,40
Silice et acide stannique . . .	41,80	39,30
Oxyde de plomb	45,16	48,25
Oxyde de cuivre	0,50	0,20
A reporter	89,46	89,15

Report.	89,46	89,15
Alumine et oxyde de fer. . .	0,60	1,00
Chaux.	1,20	2,02
Magnésie.	traces.	0,05
Or métalique.	0,20	0,35
Oxyde de cobalt.	0,20	0,00
Matières non dosées.	8,34	7,43
	100,00	100,00

Les collections de l'École des mines et du Musée céramique de Sèvres ne nous offrent aucun de ces mélanges qui se sont présentés en assez grand nombre dans l'assortiment de Canton.

Ainsi, quelle que soit l'origine des couleurs qui servent à la Chine dans la décoration des porcelaines, elles présentent toutes un caractère de généralité qui ne peut échapper, en même temps qu'une grande simplicité ; le fondant qui n'est pas distinct dans la couleur est toujours composé de silice, d'oxyde de plomb dans des proportions peu variables, et d'une quantité plus ou moins grande d'alcalis (soude et potasse). Ce fondant maintient en dissolution à l'état de silicates quelques centièmes seulement d'oxydes colorants dont le nombre est excessivement restreint. Les matières colorantes sont : l'*oxyde de cuivre* pour les verts et verts bleuâtres, l'*or* pour les rouges, l'*oxyde de cobalt* pour les bleus, l'*oxyde d'antimoine* pour les jaunes, l'*acide arsénique* et l'*acide stannique* pour les blancs. L'oxyde de fer et les oxydes de manganèse impur, qui donnent, l'un du rouge et l'autre du noir, font seuls exception, et c'est sans doute parce qu'il est impossible d'obtenir ces couleurs, par voie de dissolution, avec les oxydes que nous venons de désigner. Nous n'avons trouvé ni borax ni acide borique.

Cette composition spéciale des couleurs de la Chine

entraîne des habitudes spéciales dans les décorations qu'elles servent à produire, et c'est d'elle que les peintures chinoises et japonaises tirent leur aspect distinctif.

Quelques couleurs s'appliquent directement, telles que le commerce les fournit; d'autres au contraire exigent, avant de pouvoir être employées, une addition variable fixée par l'expérience, préalablement sans doute; on les ramène de la sorte à se développer toutes à une température déterminée. L'assortiment rapporté de Canton, enlevé sur la table d'un peintre chinois, nous donne l'exemple d'une palette toute préparée. Les additions avaient dû être faites, et nous voyons que la céruse ajoutée l'a été pour la plupart en petite quantité, si même celle que l'analyse nous a fait découvrir ne provient pas d'un commencement d'altération de la couleur pendant le broyage.

Nous craindrions de donner à ce mémoire une étendue trop considérable, en comparant successivement chacune des couleurs chinoises que nous avons examinées, avec celle qui lui correspond dans la palette en usage soit en Europe, soit dans la manufacture de Sèvres en particulier. Nous nous bornerons donc à rappeler en deux mots et d'une manière générale, les différences essentielles qui distinguent les deux assortiments. Nous pourrons de la sorte apprécier naturellement l'aspect opposé des porcelaines européennes et des produits similaires fabriqués en Chine ou dans le Japon, aspect si opposé qu'il est impossible, même à première vue, de confondre les productions des deux pays.

Nous avons dit qu'en Europe les couleurs pour peindre la porcelaine dure sont formées par un mélange de certains oxydes et de certains fondants. Nous

venons de démontrer que les couleurs de la Chine diffèrent complétement et pour la nature des éléments du fondant, comme pour les proportions de l'oxyde colorant.

Nous ne trouvons pas des différences moins tranchées quand nous envisageons l'état dans lequel se trouve la matière colorante dans ces deux sortes de couleurs. Enfin les deux assortiments ne peuvent plus être comparés quand on vient à établir le parallèle entre les substances employées, dans les deux cas, comme principes colorants.

Nous avons vu que les oxydes colorants dans la palette des Chinois étaient bornés à l'oxyde de cuivre, à l'or, à l'antimoine, à l'arsenic, à l'étain et à l'oxyde de cobalt impur, qui donne tantôt du bleu, tantôt du noir; enfin à l'oxyde de fer, qui fournit une nuance de rouge. Nous voyons que dans les couleurs d'Europe, où on fait usage des divers oxydes que nous venons de citer, on tire un très-grand parti de substances inconnues des Chinois. On modifie la nuance de l'oxyde de cobalt pur en le combinant à l'oxyde de zinc ou à l'alumine, quelquelquefois à l'alumine et à l'oxyde de chrome; l'oxyde de fer pur fournit une dizaine de rouges nuancés du rouge orangé au violet de fer très-foncé; on obtient des ocres pâles ou foncés, jaunes ou bruns, en combinant diverses proportions d'oxyde de fer, d'oxyde de zinc et d'oxyde de cobalt ou de nickel: les bruns se préparent en augmentant la dose de l'oxyde de cobalt contenu dans la composition qui fournit les ocres; les noirs, par la suppression de l'oxyde de zinc dans les mêmes préparations. Nous varions les nuances de nos jaunes par des additions soit d'oxyde de zinc ou d'étain pour les éclaircir, soit d'oxyde de fer pour les rendre plus foncés. L'oxyde de chrome, pur ou combiné à l'oxyde

de cobalt ou aux oxydes de cobalt et de zinc, donne des verts jaunes et des verts bleuâtres qui peuvent varier du vert pur au bleu presque pur. L'or métallique nous fournit le pourpre de Cassius, que nous transformons ensuite, à volonté, en violet, en pourpre ou en carmin. Nous citerons encore l'oxyde d'urane, les chromates de fer, de baryte, de cadmium, qui donnent d'utiles couleurs, et nous terminerons en indiquant l'application toute récente des métaux inoxydables au feu, dont la découverte et la préparation exigent des connaissances en chimie que les Chinois sont loin de posséder.

Tous ces différents principes colorants se trouvent dans les couleurs européennes à l'état de simple mélange ; dans les couleurs des Chinois, les oxydes sont, au contraire, dissous, et cette circonstance nous permettra de les rapprocher d'une autre sorte de produits qui, répandus à la Chine, se présentent aussi fréquemment dans l'industrie d'Europe.

En effet, nous avons trouvé dans les composés vitreux qui sont désignés en France sous le nom d'*émaux*, non-seulement la même coloration obtenue par les mêmes oxydes, mais une composition de fondant analogue et quelquefois identique. Les émaux transparents sont effectivement, comme on sait, des composés vitreux dont la composition est variable en vertu de la fusibilité qu'ils doivent offrir, et colorés par quelques centièmes d'oxydes. Les bleus sont fournis par l'oxyde de cobalt, les verts par du deutoxyde de cuivre, les rouges par de l'or; les émaux opaques, jaunes ou blancs, doivent leur opacité et leur coloration soit à l'antimoine, soit à l'acide arsénique ou à l'acide stannique.

Voici, du reste, les analyses que nous avons faites

de différents émaux pris dans le commerce et destinés à la fabrication des bijoux en cuivre, en or ou en argent émaillés. Nous extrayons ces analyses d'un travail plus complet que l'un de nous prépare sur les diverses compositions employées dans l'art de l'émailleur sur métaux :

	Bleu pour cuivre.	Or pour cuivre.	Vert pour argent.
Perte au feu	1,00	0,06	1,10
Silice	51,00	47,70	53,68
Oxyde de plomb	34,57	31,19	25,30
Oxyde de cobalt	1,00	0,10	0,00
Oxyde de fer	traces.	0,40	0,46
Oxyde de manganèse	0,00	1,20	0,20
Alumine	traces.	0,26	0,60
Chaux	2,00	1,80	1,26
Magnésie	traces.	traces	traces.
Oxyde de cuivre	traces.	traces.	0,60
Or métallique	»	0,46	0,90
Potasse et soude	10,43	13,23	17,80
Oxyde d'étain	»	3,60	0,00
	100,00	100,00	100,00

Les fondants qui servent pour l'émaillage soit de l'or, soit de l'argent, soit du cuivre, celui qu'on applique sur la peinture dite *sous-fondant*, peuvent encore être comparés aves les couleurs dont les Chinois se servent pour décorer leurs porcelaines; on trouve encore que ces composés sont semblables. Il n'y a de différence entre eux que sous la rapport de la fusibilité, qui est un peu plus grande pour les émaux chinois.

	Fondant pour		
	Argent.	Or.	Peinture.
Perte au feu	0,30	0,10	0,19
Silice	48,10	53,60	44,82
Oxyde de plomb	38,25	31,19	41,59
Oxyde de cuivre	0,32	traces.	traces.
Oxyde de fer	0,25	0,40	0,31
Oxyde de manganèse	0,00	0,60	0,15
Alumine	0,14	0,54	0,46
Chaux	0,60	1,26	0,82
Magnésie	traces.	traces.	0,05
Alcalis	12,04	12,31	11,70
	100,00	100,00	100,00

Le rapprochement auquel nous a conduits l'examen des couleurs employées en Chine entre celles-ci et les émaux, a été pleinement confirmé par la manière dont ces couleurs se sont comportées à la cuisson. Les assortiments du P. Ly et celui de M. Itier ont été, par les soins de M. Riocreux, conservateur des collections et du Musée céramique de Sèvres, appliqués sur des porcelaine de Chine et sur des porcelaines d'Europe. Sur porcelaine de Chine, les couleurs se sont développées à une température inférieure à la température du feu de retouche des peintures de fleurs à la manufacture de Sèvres: elles n'ont pas écaillé. Mais, sur la porcelaine de Sèvres, bien qu'elles fussent développées, elles se sont toutes détachées par écaille. On savait depuis longtemps, par suite d'expériences directes, que les émaux ne pouvaient servir à la décoration des porcelaines d'Europe, précisément à cause du grave défaut que nous venons de signaler.

Quelle que soit la cause qui détermine sur les porcelaines européennes le défaut d'adhérence des émaux, nous pensons qu'elle réside dans la différence de nature de la couverte des deux porcelaines. Nous avons vu, dans la première partie de ce travail, que la pâte plus fusible des porcelaines de Chine devait être recouverte d'une glaçure plus fusible que celle dont on se sert en Europe, et c'est l'introduction de la chaux dans la couverte qui, diminuant l'infusibilité de cette glaçure, modifiant peut-être sa dilatabilité, en rapproche les propriétés physiques des propriétés des émaux.

Si l'aspect des porcelaines chinoises est différent de celui de nos productions, si l'harmonie de leurs décorations paraît plus variée, c'est, suivant nous, le résultat forcé de leurs méthodes. Toutes les couleurs dont ils se servent sont peu colorées; elles n'ont de

valeur que sous une certaine épaisseur qui donne à leurs peintures un relief impossible à obtenir par d'autres moyens; l'harmonie de leurs peintures est la conséquence de la nature et de la composition de leurs émaux.

Le P. Ly ne s'est pas contenté de faire parvenir en France les couleurs dont on se sert à la Chine; il y a joint encore les différents échantillons d'or qui sont employés à la décoration des pièces les plus riches, la matière en usage comme délayant, et enfin un assortiment de pinceaux dont se servent les peintres.

Métaux.

L'or seul est employé par les Chinois pour la décoration de la porcelaine, et il est réservé pour les pièces d'un prix élevé, à cause de sa grande valeur commerciale. La collection envoyée au Musée de Sèvres par le P. Ly en présente deux échantillons que nous ne trouvons que là; l'un est de l'or vert, l'autre de l'or jaune.

Khon-tchhy-king. — « Couleur d'or déjà préparée, » de la première qualité. »

Koang-king. — « Couleur d'or déjà préparée, de la » deuxième qualité. »

Le P. Ly ne donne pas d'autre explication; le métal est en poudre pailletée, très-brillante, et qui a de l'analogie avec ce qu'on nomme en Europe *or au miel* ou *or en coquille.* Les échantillons que possède la manufacture sont trop petits pour que nous ayons pu les examiner davantage. Voici, au reste, les renseignements écrits que nous trouvons soit dans une lettre du P. d'Entrecolles, soit dans le catalogue descriptif qui accompagnait la collection anglaise des produits employés en Chine à la fabrication et à la décoration des porcelaines, et dont nous avons déjà parlé. Ces rensei-

gnements sont tellement nets, qu'on ne saurait désirer rien de plus précis.

Le P. d'Entrecolles dit dans sa première lettre :

« Quand on veut appliquer l'or, on le broie et on le
» dissout au fond d'une porcelaine, jusqu'à ce qu'on
» voie au-dessus de l'eau un petit ciel d'or. On le laisse
» sécher, et lorsqu'on doit l'employer, on le dissout
» par parties dans une quantité suffisante d'eau gom-
» mée ; avec 30 parties d'or, on incorpore 3 parties de
» céruse, et on l'applique sur la porcelaine, de même
» que les couleurs. »

Il est singulier que ce soient là précisément les proportions dans lesquelles, en Europe, on mêle à l'or le fondant qui doit le faire adhérer à la porcelaine : on sait que ce fondant est, à Sèvres, du sous-nitrate de bismuth.

Le catalogue de la collection anglaise dit de même :

« L'or doit d'abord être mêlé à de la céruse et à
» de la colle de peau de bœuf, puis appliqué sur la por-
» celaine. »

Délayants.

Les Chinois ne se servent pas d'essence de térébenthine pour délayer leurs couleurs, comme on le fait en Europe ; ils les emploient à l'eau, sans addition, comme cela résulte du texte des différents catalogues que nous avons sous les yeux.

Pour se servir des couleurs de Chine, il faut broyer la couleur finement et l'amener avec l'eau en consistance convenable. Quelques-unes seulement doivent, d'après le P. Ly, être mêlées à une substance particulière qui rend l'emploi facile. Il cite comme devant être additionnées de *yeou-p'hy-kao* les couleurs appelées *fan-hong*, *feng-hong* et *ching-lan*. Nous avons trouvé

dans les couleurs de M. Itier des rouges fan-hong et des noirs si-feng-liao composés du mélange de la couleur et du yeou-p'hy-kao. C'est cette dernière substance qui leur communique l'odeur de colle de gélatine brûlée que nous avons indiquée plus haut, quand on les soumet à la calcination.

Le P. Ly a joint à son envoi une certaine quantité de yeou-p'hy-kao : « C'est de la gomme de peau de bœuf ; » quand on se sert des couleurs fan-hong, feng-hong, » et ching-lan, on doit les confectionner avec l'eau » liquéfiée de yeou-p'hy-kao. »

Pinceau.

M. Itier avait rapporté de son voyage en Chine un assortiment des pinceaux avec lesquels les Chinois de Canton appliquent leurs couleurs sur les porcelaines. La collection de l'École des mines en renferme qui viennent de King-te-tching, et qui ont été envoyés par le P. Ly. Tous ces pinceaux se ressemblent; ils sont formés d'un long tuyau creux végétal de la nature des joncs, dans l'intérieur et à l'extrémité desquels sont fixés solidement quelques poils très-allongés : « Il y en » a de communs et de fins ; les uns servent pour peindre » avec diverses couleurs, les autres pour peindre des » fleurs délicates ; quelques-uns servent à peindre avec » du rouge commun, et d'autres, enfin, pour peindre » avec du rouge fin. »

Résumé.

L'examen que nous venons de faire des matières employées en Chine à la décoration des porcelaines, explique ce qu'il y a d'obscur et corrige ce qu'il peut y avoir d'erroné dans la seconde lettre du P. d'Entrecolles (XIXe volume des *Lettres édifiantes et curieuses* écrites

des Missions étrangères) (1) ; il conduit aux conclusions suivantes :

1° Les couleurs dites de *moufle*, c'est-à-dire cuisant à une température très-basse relativement à celle à laquelle se cuit la porcelaine, sont en nombre essentiellement réduit.

2° La palette se compose non de couleurs proprement dites, mais d'*émaux*, c'est-à-dire de cristaux plombo-alcalins, diversement colorés par quelques centièmes d'oxydes colorants *dissous*.

---

(1) Voici, en substance, ce qu'il dit au sujet des couleurs qui sont à la Chine appliquées sur la porcelaine cuite en couverte et destinées à être recuites à la moufle.

Rouge. — Sur un *leam* (once) de céruse, on met deux *mas* (1/10 d'once) de rouge préparé par la couperose. On les passe par un tamis et on les mêle ensemble à sec; on les lie l'un à l'autre avec de la gomme de peau de bœuf.

Blanc. Sur un leam de céruse on met trois mas et trois *fuen* ($\frac{1}{100}$ d'once) de cailloux des plus transparents qu'on a fait calciner avant de les amener à l'état de poussière impalpable.

Vert. Le vert foncé se fait en mettant sur un leam de céruse trois mas et trois fuen de poudre de cailloux avec un mas de *tom-hia-pien* ou battitures de cuivre jaune.

Jaune. Le jaune se fait en mettant sur un leam de céruse trois mas et trois fuen de poudre de cailloux, et un fuen huit *ly* à deux fuen cinq ly ($\frac{1}{1000}$ d'once) de rouge pur n'ayant point encore été mêlé à de la céruse.

Bleu. Un leam de céruse, trois mas et trois fuen de poudre de cailloux et deux ly d'azur, forment un bleu foncé qui tire sur le violet. On peut mettre jusqu'à huit ly d'azur.

Vert clair. Le mélange de vert et de blanc dans les proportions d'un leam de vert pour deux leam de blanc fait un vert d'eau très-clair.

Vert jaune. Deux leam de vert foncé et un leam de jaune donnent le vert kou-lou qui ressemble à la caule des feuilles fanées.

Noir. Le noir se fait avec avec l'azur mis un peu épais et délayé dans la colle de peau de bœuf. On recouvre ensuite avec du blanc les endroits peints. Ce blanc pendant la cuisson *s'incorpore dans le noir*, de même que le vernis ordinaire s'incorpore dans le bleu de la porcelaine commune.

3° La composition du cristal est, en général, peu variée, la coloration toujours légère, et c'est cette légereté de ton, ainsi que la vivacité de la nuance, qui donne aux porcelaines chinoises leur harmonie et leur richesse caractéristiques.

4° Ces émaux sont colorés par l'oxyde de cobalt, l'oxyde de cuivre à l'état de bioxyde, l'or, tous corps facilement solubles dans les flux vitreux, et d'une préparation très-simple.

A ces nuances ils joignent du jaune par l'antimoine et du blanc opaque, tantôt à base d'étain, tantôt à base d'acide arsénique, qu'ils mélangent aux autres émaux, comme ils mêlent ces derniers entre eux pour obtenir des nuances variées en quelque sorte à l'infini, mais qu'il est toujours possible de décomposer et de ramener aux cinq composés élémentaires suivants: bleu par l'oxyde de cobalt, bleu ou vert par l'oxyde de cuivre, rose par l'or, jaune par l'oxyde d'antimoine.

Si nous ajoutons à ces émaux l'oxyde de cobalt très-impur, qui, sous couverte, donnera toujours du bleu, ce même oxyde mêlé à de la céruse pour le faire adhérer avec la couverte, et former du noir; de l'oxyde de fer calciné qui, mêlé à de la céruse ou du fondant, donne des rouges de fer mats ou brillants, clairs ou foncés; enfin de l'or qu'on fait adhérer par l'addition d'un dixième de céruse, nous pourrons nous faire une idée complète des moyens qui constituent toutes les ressources du décorateur chinois.

5° Les émaux sont appliqués à l'eau, quelquefois avec de la dissolution de gomme de peau de bœuf.

Nous attribuons à la composition particulière des couvertes de la Chine la possibilité de les recouvrir de matières vitreuses de la nature des *émaux*, sans que ces dernières écaillent. Nous avons indiqué dans notre

premier mémoire la composition de ces couvertes; et ce ne peut être qu'à cette cause qu'on peut attribuer la différence d'aspect que présentent les porcelaines de la Chine et du Japon, et les produits européens. Une couverte purement feldspathique se refuse à l'application des émaux.

Nous n'avons rien dit, dans tout ce qui précède, des couleurs dures pour fonds, appliquées soit par immersion, soit au pinceau, et qui font jusqu'à ce jour des porcelaines de la Chine une poterie à part; nous voulons parler des fonds bistres, rouges, bruns, flammés, violets et turquoises, dont beaucoup d'objets fabriqués en Chine sont recouverts dans toutes leurs parties. Nous avons aussi réservé l'examen des tons légers d'un vert bleuâtre pâle, qu'on nomme *céladons*, et qui sont encore aujourd'hui, de la part des amateurs, l'objet d'une préférence marquée. Nous pourrons utiliser dans ce but les précieux documents accumulés dans la collection de la manufacture de Sèvres, avec l'espérance d'ajouter à nos propres ressources.

Cette étude, qui complétera nos travaux sur la fabrication de la porcelaine en Chine, fera le sujet d'un troisième Mémoire.

DESCRIPTION

DU BASSIN TERTIAIRE DE MAYENCE,

TRADUITE DE LA GÉOGNOSIE DE WALCHNER;

Par MM. Th. BENZLER et J. BRONNE, ingénieurs civils.

M. Dumont a le premier mis en parallèle le bassin tertiaire de Mayence avec les systèmes tongrien et boldérien en Belgique. Ce rapprochement se trouve indiqué sur le tableau d'assemblage présenté à l'académie royale de Belgique le 10 novembre 1849 avec la carte géologique du royaume.

On sait que le système tongrien est composé : à sa partie inférieure, d'un étage marin formé de sables de diverses espèces et parallèle au dépôt lacustre moyen du bassin de Paris; à sa partie supérieure, d'un étage fluvio-marin formé de sables et d'argiles et parallèle à la couche à *Cyrena semi-striata*, etc. du bassin de Paris (*Bulletin de l'académie*, t. XVIII, n° 8). Le système boldérien est composé d'un étage marin inférieur formé de sables de diverses natures, et d'un étage nymphéen supérieur qui comprend les lignites du Rhin; cet étage manque en Belgique, tandis que l'étage marin semble manquer dans le bassin de Mayence; on s'accorde à regarder cet étage marin comme contemporain des fahluns de la Touraine.

L'étude du terrain tertiaire des environs de Mayence, venant en quelque sorte compléter celle des systèmes tongrien et boldérien en Belgique, nous avons cru qu'on ne lirait pas sans intérêt la description de ce

bassin publiée en 1851 par M. Walchner dans son *Traité de géognosie*, 2ᵉ édit., page 1085 et suivantes.

L'auteur complète cette description par celle des glaises et lignites du Westerwald ; nous ne donnerons point la traduction de cette partie qui nous écarterait trop du but que nous nous sommes proposé.

Nous ne donnerons pas non plus la liste générale des fossiles que l'on trouve dans ce terrain, parce que la fin n'en est pas encore publiée.

C'est à M. Sandberger qu'appartient l'honneur d'avoir indiqué le premier, en 1847, dans son *Aperçu sur la constitution géologique du duché de Nassau* (en allemand), la superposition exacte des couches tertiaires de Mayence.

Voici, en procédant de haut en bas, la série de ces couches et celles qui leur correspondent en Belgique.

BELGIQUE.		BASSIN DE MAYENCE.
Système boldérien.	Etage nymphéen...	6. Glaise supérieure à lignites.
Système rupélien.	Etage fluvio-marin.	5. Calcaire à litorinelles.
		4. Calcaire à cérithes.
Système tongrien.		3. Calcaire d'eau douce.
		2. Glaise bleue inférieure à lignites.
	Etage marin	1. Sable marin et complétement quartzeux.

M. Walchner a ajouté aux observations de M. Sandberger celles de M. Braun, de M. Raht et les siennes.

1. SABLE MARIN ET CONGLOMÉRAT QUARTZEUX. — Sur la rive droite du Rhin, près d'Oberursel (Nassau), ces roches reposent immédiatement sur le quartzophyllade du Taunus ; le conglomérat quartzeux et ferrugineux repose sur la même roche au Rothenberg, près de Geisenheim.

Près d'Oberursel, le sable est blanc, parfois argileux ; il est brun ferrugineux près de Geisenheim.

Sur la rive droite du Rhin, les fossiles sont très-rares dans cet étage ; on y a trouvé, près de Geisenheim, l'*Infundibulum striatellum*, Nyst., et près d'Oberursel une dent de *Squalus cornubicus*, Blain.

Sur la rive gauche, le sable marin est très-développé aux environs d'Alzei et de Flonheim. Il est très-fossilifère aux environs d'Alzei. Le point le plus curieux est la Wirthsmühle près de Weinheim : le sable y est éminemment calcareux et d'un jaune brunâtre ; dans un chemin creux nommé Trift, il est plus gris et même blanchâtre. Nous ne citerons, parmi le grand nombre de coquilles fossiles enfouies dans cette localité, que les espèces les plus caractérisques :

Pectunculus crassus, Phil.
— *arcatus*, Schloth.
Natica gigantea, A. Br.
Cerithium lævissimum, Bronn.
Cerithium tumidum, A. Br.
Tritonium argutum, Nyst.
Voluta modesta, Merian.
— *Schlotheimii*, A. Bronn.

Le sable de Flonheim est brun jaunâtre ; il se distingue par la présence d'une grande quantité d'os d'*Halianassa Collinii*, Meyer, mais il est très-pauvre en coquilles, si ce n'est la grande *Ostrea Collinii*, Merian, qui se trouve dans les couches les plus élevées. Cette coquille se trouve également aux environs de Weinheim, non dans les couches inférieures de la Wirthsmühle, mais plus haut, dans les carrières de sable ouvertes dans les vignobles.

Nous rapportons à cette couche les sables gris et blancs déposés près d'Eckelsheim ; on n'y trouve que peu d'espèces fossiles, entre autres l'*Ostrea Collinii* si fréquente à Flonheim ; il en est aussi qui n'existent pas à Weinheim, par exemple l'*Ostrea rhenana*, Merian.

Le conglomérat à huîtres (*austerführende conglomerat*) des environs de Kreutznach appartient aussi à cet étage ; ce conglomérat renferme des fragments de porphyre ;

parfois il a l'aspect du grès; il longe le côté oriental extérieur de la bande porphyrique depuis Kühberg, près de Kreutznach, et de la saline de Theodorshall, jusqu'à Wellstein. Les fragments de porphyre, rouges de chair à l'intérieur, pâles et d'un blanc grisâtre à l'extérieur, sont toujours anguleux, et la roche présente tous les caractères d'une véritable brèche. Le ciment est calcareux. Assez souvent le grès est remplacé par un sable meuble, comme aux environs de Freilaubersheim et de Neubaymburg; dans cette dernière localité, on y trouve des dents de squale, des huîtres et d'autres coquilles. Les hauteurs situées sur la rive gauche de la Nahe, entre Langenlansheim, Heddesheim et Dorsheim, sont couvertes de sables marins; on y trouve aussi quelques couches de grès et de marne calcareuse et sableuse, le tout surmonté d'un dépôt de limon qui contient des *Ostrea Collinii*. Sur la hauteur nommée *der hungrige Wolf*, située au nord-est de Kreutznach, près de Breitenfelser-Höfe, le grès bigarré est recouvert par le même sable qui se continue fort loin vers le nord jusqu'au terrain ardoisier de Wallhausen. Ce sable se retrouve encore sur les hauteurs entre le Fischbach et le Gräfenbach et sur la rive droite du Fischbach, près Scholänder-Hof, où l'on remarque dans les champs des blocs coquilliers tout à fait semblables aux masses de sable agglutiné de Weinheim, près d'Alzei.

Le conglomérat d'Eschbach sur la Hardt, à l'ouest de Landau, appartient au même étage; il est composé de fragments de muschelkalk, contient des *Ostrea Collinii* et des dents de squale.

Cet étage, qui constitue la partie inférieure du bassin du Rhin moyen, ne contient, d'après les observations de A. Braun, aucun hélix terrestre ni aucune coquille d'eau douce. La *Neritina concava* que l'on y rencontre

ne forme point d'exception à cette règle, puisque des espèces de ce genre vivent encore maintenant dans la mer.

D'après A. Braun, ces sables présentent, à l'endroit appelé le *Zeilstücks*, près de Weinheim, aux environs d'Alzei, une transition très-remarquable à l'étage supérieur. On y trouve, à la vérité, beaucoup d'espèces qui caractérisent l'étage inférieur, mais il y en a bien plus encore qui appartiennent au suivant (2). Ce qu'il y a de particulier dans ce dépôt de sable, c'est l'existence fréquente des *Ostrea cymbula;* les *Cerithium plicatum* et *Corbulomya polita* que l'on y rencontre, une espèce voisine du *Mytilus Faujasii* et quelques *Littorinella* au nombre desquelles apparaît déjà la *L. acuta*, dénotent la nature saumâtre de ce dépôt.

2. GLAISE BLEUE INFÉRIEURE A LIGNITES. — Sur la rive droite du Rhin, entre Castel et Flörsheim, on trouve en dessous de l'étage n° 3, un puissant dépôt de glaise d'un gris bleuâtre, quelquefois sablonneuse, renfermant un grand nombre de coquilles marines. Cet étage se présente à Hochheim et sur la rive gauche, près d'Alzei, avec les mêmes caractères. Ailleurs, il est représenté par des sables calcareux ou des marnes sablonneuses, par exemple à Kleinkarben près de Francfort et au Sommerberg près d'Alrei. Au Sommerberg, ce sont des marnes blanches ou jaunes, alternant avec des calcaires sans cohérence, très-riches en fossiles. Les coquilles qui caractérisent particulièrement cet étage sont :

Cerithium margaritaceum, Brongn.
— *plicatum*, Lam.
Cyrena subarata, Bronn.
Buccinum Cassidaria, Bronn.
Littorinella compressiuscula, A. Br.

C'est surtout dans les vignobles, lorsque le sol vient d'être labouré, que l'on peut recueillir des fossiles;

tantôt ils sont noircis, tantôt ils ont conservé leur couleur blanche ; les espèces les plus grandes renferment ordinairement les plus petites, telles que les *Tellina*, les *Panopea*. Près de Hochheim, cette glaise renferme assez souvent de gros morceaux de lignite et de bois bitumineux, et à Ostheim, près de Hanau, on y trouve une couche régulière de lignite.

La prédominance des *Cerithium* et des *Cyrena*, genres dont les représentants actuels vivent pour la plupart dans l'eau douce, la présence de plusieurs *Littorinella*, de quelques *Planorbis* et *Lymneus* sont autant de faits qui prouvent la nature saumâtre de ce dépôt. A. Braun y a même trouvé au Sommerberg une *Helix Corculum*.

3. CALCAIRE D'EAU DOUCE. — D'après Sandberger, l'étage précédent est recouvert, entre Flörsheim et Hochheim, par une formation d'eau douce qui s'étend de la vallée du Main jusqu'à Massenheim et Wickert avec une puissance de 14 à 16 pieds. Elle consiste en sable calcareux blanc jaunâtre ou blanc rougeâtre ; ou bien en calcaire compacte blanc grisâtre ou bien jaunâtre, avec un grand nombre de rognons calcaréo-siliceux dont la structure rappelle celle des os et dont les fissures présentent sur leurs parois des dendrites d'oxyde de fer ou de manganèse. Le calcaire lui-même est très-fissuré et les fissures sont remplies par un calcaire tendre et friable. Les géodes présentent souvent des cristaux de spath calcaire. Toutes les couches de sable et de calcaire de cet étage et les matières terreuses qui remplissent les fissures renferment un grand nombre de limaçons terrestres qu'ont fait connaître les travaux de MM. A. et M. Braun, E. Raht et Thomæ. Ils sont pour la plupart bien conservés et se détachent parfaitement de la roche. Plusieurs espèces sont particulières au

bassin de Mayence, et entre autres parmi celles qui vivent encore de nos jours, le *Strophostoma tricarinatum*, M. Braun. Les plus caractéristiques sont : *Helix Ramondi*, Brongn., var. minor, *H. Brauniorum*, Thomæ, la plus grande espèce d'hélice du bassin de Mayence, *H. nana*, A. Br., la plus petite espèce fossile du bassin, *H. deflexa*, A. Br., en grandes quantités, assez fréquemment l'*H. hypoleies*, A. Br.; *Pupa quadrigranata*, A. Br., *Bulimus gracilis*, Thomæ, *B. lineolatus*, A. Br., *B. subtilissimus*, A. Br.

On rapporte à cet étage la formation calcaire du Kalmit, près d'Ibesheim, non loin de Landau. Ce point est tout à fait isolé. Ses caractères minéralogiques sont identiques à ceux du calcaire de Hochheim, et l'on y trouve les fossiles suivants :

Helix porcina, A. Br.
— *lapicidella*, A. Br.
— *deflexa*, A. Br.
— *Ramondi*, Brongn.
— *Kalmitana*, A. Br.
— *nummulina*, A. Br.
— *stenotrypta*, A. Br.
— *verticilloides*, A. Br.

Cerithium Rahtii, A. Br.
— *pustulatum*, A. Br.
Nerita concava, Lam.
Cyclostoma bisulcatum, Zieth.
— *crassiusculum*, Raht et A. Br.
Ferussaccia tricarinata, M. Br.
(*Strophostoma tricarin.*, M. Br.)

On voit que le Kalmit est une localité bien intéressante pour le bassin du Rhin moyen. Mais la présence des *Cerithium* prouve que ce calcaire n'est pas tout à fait d'eau douce. En général, il ne paraît pas qu'il existe de *calcaire d'eau douce pur* dans le bassin de Mayence; près de Landau, de Neustadt, de Grünstadt, on trouve, comme au Kalmit, des *Cerithium* mêlées aux coquilles terrestres et d'eau douce. Raht a observé que dans le calcaire de Hochheim, les limaçons terrestres sont disposés par nids comme s'ils avaient été amassés par les eaux; les fossiles d'eau douce y sont rares; ce sont la *Lymneus cretaceus*, Thomæ et la *Littorinella acuta*, A. Br. On a trouvé dans un échantillon, avec une

Ferusaccia tricarinata, A. Br., un *Cerithium Meriani*, A. Br., de sorte que ce calcaire n'est pas non plus une formation d'eau douce pure.

4. CALCAIRE A CERITHIUM. — Fr. Sandberger nomme ainsi les couches qui sont immédiatement superposées à celles de l'étage précédent; elles sont caractérisées par le *Cerithium pustulatum*, *C. Rahtii et C. Meriani*, mais on y trouve aussi des coquilles terrestres et d'eau douce. A Hochheim, ce calcaire est dur, de couleur grise et tellement rempli de fossiles que la roche semble quelquefois en être entièrement formée; dans ce dernier cas, les coquilles sont transformées en noyaux.

Près de la tuilerie de Flörsheim, cet étage acquiert 30 pieds d'épaisseur, et consiste en une marne tendre, d'un blanc jaunâtre, de peu de consistance et souvent crayeuse. On y trouve avec les *Cerithium* les *Cytherea inflata*, Goldf, *Perna maxillata*, Lam., *Nerita* Sp., *Mystilus socialis*, A. Br., en quantités innombrables, *Littorinella acuta*, A. Br. et quelques hélices.

Cet étage est entièrement circonscrit entre Hochheim et Flörsheim.

D'après les travaux de M. Raht, cet étage, aux environs de Hochheim, se subdivise nettement en plusieurs couches caractérisées chacune par des fossiles d'espèces particulières :

a). Calcaire d'eau douce (étage n° 3 de Sandberger) caractérisé par la grande prédominance de limaçons terrestres et la présence de quelques lymnées.

b). Couches à cérithes, *Cerithium pustulatum* et *Rahtii*, *Mystilus socialis*, qui est parfois si abondante qu'elle constitue la roche à elle seule, *Nerita* et *Littorinella acuta*.

c). Couche à *Corbula donacina* accompagnée de

Cerithium, de *Neritina marmorea* et de quelques limaçons terrestres.

d). Couche à *Modiola angusta* et *Littorina moguntiaca*.

e). Couche à *Perna*; cette couche renferme en outre la petite coquille d'eau douce *Pisidium antiquum*.

Cet étage n'a pas encore été étudié dans les autres localités avec autant de soin que par Raht aux environs de Hochheim, de sorte que l'on ne peut encore établir de parallèle sur ce chapitre.

Sur la rive gauche du Rhin, il est probable que nous devons ranger avec les couches ds Hochheim la formation marneuse de Volxheim près de Kreutznach; les cérithes y forment de petites bandes et sont accompagnées des *Cytherea Melaenii*, Nyst., *Cytherea Goldfussiana*, A. Br., *Cyrenea subarata*, Bronn, de plusieurs espèces de *Donax* et de *Natica* et de la *Littorinella acuta*.

5. CALCAIRE A LITTORINELLE.— De tous les étages du bassin de Mayence, c'est le plus puissant et le plus étendu sur les deux rives du Rhin. Sur la rive droite, il occupe tout l'espace compris entre Schierstein, Castel, Wiesbaden, Kloppenheim, Erbenheim, se montre dans quelques points des environs de Francfort, par exemple près de Bergen, de Kleinkarben, etc., et même jusque vers Marburg, près de Mardorf, Rossdorf, Amöneburg; souvent il est recouvert de terrains diluviens.

Sur la rive gauche, ce calcaire longe, à partir des environs de Landau, les montagnes de la Hardt (Neustadt, Dürkheim, Grünstadt, Göllheim, Kircheim, Bolanden, Wachenheim) et s'étend sur la plus grande partie de la Hesse rhénane, au delà de la Pfrimm, jusqu'à Mayence et Ingelheim.

Cet étage est de nature très-complexe : on y trouve

du sable, de la marne et des calcaires de différentes espèces. A la Hammermühle, près de Wiesbaden, la série de couches est complétement à découvert et se présente, d'après Sandberger, de la manière suivante: du sable brun jaunâtre, calcareux, forme la base; il est surmonté par des bancs d'un calcaire à grains fins et à cassure lisse, divisés en plaques épaisses; ensuite viennent des lits d'un sable calcareux très-fin et de calcaire mou et terreux, rempli de fossiles; le tout est surmonté d'un calcaire âpre au toucher et rempli de fissures dont les parois sont colorées par des dendrites d'oxyde de manganèse. Ailleurs (Spelzmühle, près de Wiesbaden), l'étage est composé de calcaire blanc grisâtre ou jaunâtre, de calcaire gris foncé (Cranberg, non loin de Soden), de marne argileuse à texture meuble (Bierstadt, près de Wiesbaden); enfin sur presque toute la rive la gauche dans la Bavière et la Hesse rhénane, il consiste en un calcaire gris jaunâtre, souvent marneux, et fréquemment en marne friable se délitant facilement à l'air.

Le genre *Littorinella*, A. Br., a donné son nom aux couches dont nous parlons; partout ce genre y existe avec une abondance extraordinaire; l'espèce *L. acuta* compose quelquefois à elle seule des couches puissantes : ordinairement elle se présente en quantités innombrables, mélangée avec d'autres coquilles. On trouve souvent aussi en quantités immenses la *Dreissenia Brardi*, Bronn. Parmi les coquilles terrestres, les plus caractéristiques sont l'*Helix moguntina*, Desh., qui existe presque partout et dans toutes les divisions du calcaire à littorinelles, et la *Clausilia bulimoïdes*, A. Br., la plus grande de toutes les clausilies connues.

Les couches inférieures de l'étage qui se présentent avec le plus de développement sur la rive gauche du

Rhin et atteignent dans la Bavière et la Hesse rhénanes une puissance de 200 à 300 pieds contiennent beaucoup de cérithes, particulièrement *Cerithium incrustatum*, Schloth.; *C. margaritaceum*, Brongn.; *C. marginatum*, Serr.; *C. ampullosum*, Brongn.; *C. pustulatum*, A. Br.; *C. plicatum*, Lam.; souvent aussi on y trouve des *Cyrena Faujasii*, qui composent seules en quelques endroits des couches entières, et la *Neritina marmorea*, A. Br. Dans ces dernières, ainsi que dans quelques échantillons d'hélices, la couleur primitive de la coquille est parfois assez bien conservée. On trouve assez souvent dans les couches à cyrènes de Hirchheim-Bolanden et de Dürkheim les enveloppes pétrifiées de larves d'une espèce de *Phryganea* (insecte de l'ordre des névroptères, du 1, *Trichoptera*, Hirb.). Ce sont des tubes cylindriques fermés à une extrémité, composés de coquilles de littorinelles et de petits fragments calcaires.

On en a observé aussi dans quelques couches des environs de la Spelz-et-Hammermühle, près de Wiesbaden.

Enfin, F.-W. Hœninghaus a trouvé dans le calcaire de Mombach, près de Mayence, qui se rapporte au calcaire à littorinelles, des ailes d'une espèce de *Phryganea*, dont le réseau ressemble à celui des ailes de la *Phryganea grandis*, qui vit actuellement dans ces contrées; il a désigné cette espèce sous le nom de *Phr. Mombachiana*.

Les littorinelles sont comparativement beaucoup moins nombreuses dans les couches inférieures : la *L. inflata* y prédomine sur la *L. acuta*, si abondante dans les couches supérieures. Sur la rive droite du Rhin, les couches inférieures sont développées aux environs de Francfort et à Amöneburg, près de Marburg.

Les couches moyennes et supérieures consistent souvent en agglomération de *Littorinella acuta* ou de *Dreissenia Brardi*; certaines couches sont formées de bandes alternatives de ces deux espèces où l'on ne distingue guère de ciment. Les couches supérieures contiennent en outre beaucoup de limaçons terrestres et aquatiques, surtout à la Hammermühle, près de Wiesbaden; on y trouve :

Helix amplificata, A. Br.
— *Mattiaca*, Steininger.
— *pulchella*, Mull.
var. *costellata*, A. Br.
— *sylvestrina*, Zieth.
Lymneus acutus, A. Br.
Planorbis rotundatus, Brongn.
Planorbis corniculum, Thomæ.
— *dealbatus*, A. Br.
— *declivis*, A. Br.
Clausilia bulimoides, A. Br.
Melanopsis callosa, A. Br.
Cerithium plicatum, Lmk., var.
Mytilus socialis, A. Br.

On trouve à Mardorf, près de Marburg, une roche tout à fait distincte des couches supérieures de la vallée du Rhin; elle consiste, d'après le docteur Genth, en sphérosidérite argileux et renferme les espèces suivantes : *Littorinella acuta*, *Planorbis rotundàtus* et une espèce de lymnée semblable à la *Lymneus palustris*, Drap.

6. Glaise a lignites supérieures. — Une glaise d'un gris verdâtre recouvre le calcaire à littorinelles et forme les couches les plus récentes du bassin du Rhin moyen. Son étendue est considérable; son importance sous le rapport industriel n'est pas moins grande, puisqu'elle comprend les dépôts de lignite de la Wittéravie, du Westerwald et du Rhin moyen. Dans la partie méridionale du bassin, elle n'est visible que dans quelques localités peu nombreuses. Près de Mayence et dans le vallon d'Erbenheim, elle recouvre immédiatement le calcaire à littorinelles et contient un grand nombre de fossiles caractéristiques. Ce sont :

Helix uniplicata, A. Br.
— *pulchella*, Müll.
var. costellata, A. Br.
— *subcarinata*, A. Br.
Carychium antiquum, A. Br.
Vertigo quadriplicata, A. Br.
— *palustris*, Turt.
Planorbis declivis, A. Br.
Lymneus parvulus, A. Br.
Littorinella acuta, A. Br.
Pupa retusa, A. Br.
— *Rahtii*, A. Br.
Cypris-Schaalen.

Dans les localités où elle renferme du lignite, l'argile présente diverses variétés et repose sur des terrains d'âges très-différents. Déjà sur la pente méridionale du Taurus, près de Wiesbaden, elle repose partie sur le calcaire à littorinelles, partie sur les roches de transition, c'est-à-dire sur les quarzophyllades chloriteux du Taurus.

Dans les districts à lignites, elle repose dans le Westerwald sur du basalte, dans la Witteravie sur du schiste argileux, dans les Sept-Montagnes sur du trachyte; sur la rive gauche du Rhin, elle est supportée par différentes roches des terrains de transition. Par suite de cette diversité de gisements, on comprendra maintenant de quelle importance sont les travaux de Sandberger qui ont servi à fixer la chronologie de tous ces dépôts, et combien ils sont en relation avec la détermination de l'âge géologique des lignites, âge que la découverte d'une foule de débris de corps organisés caractéristiques a tout à fait fixé.

Sur la rive gauche du Rhin, dans la Hesse rhénane, Illippstein a observé dans une suite de bassins discontinus, au-dessus du calcaire à littorinelles (Oppenheim, Guntersblum, Eppelsheim), une formation sableuse fort riche en débris d'animaux terrestres des plus remarquables; on y trouve aussi quelques habitants d'eau douce. Dans plusieurs localités, le sable est accompagné d'un conglomérat ferrugineux où l'on trouve rassemblés les matériaux les plus divers : le quartz, le granite, le porphyre, le grès prédominent et sont

accompagnés d'une foule de débris de corps organisés; le tout est cimenté par de l'hydrate d'oxyde ferrique. Le conglomérat alterne quelquefois avec le sable, mais se trouve plus souvent à sa base. Immédiatement au-dessous du calcaire à littorinelles, une marne argileuse ou une argile plastique forme ordinairement la partie la plus inférieure de la formation qui nous occupe; au-dessus viennent souvent des couches de sable blanc entièrement dépourvues de débris organiques, et à la partie supérieure de l'argile sableuse ou du limon.

Le gisement d'Eppelsheim se rapporte à cet étage du bassin de Mayence et en forme le point le plus intéressant. Sa richesse extraordinaire en débris de corps organisés lui vaut une juste célébrité, et la science doit à Kaup un excellent mémoire sur tous ces fossiles. Les restes de l'*Anthracoterium magnum*, Cuv., qui n'existent ici que dans cet étage des glaises à lignites supérieures, ont été trouvés aussi, dans ces derniers temps, au milieu des lignites du Westerwald : cette découverte est une nouvelle preuve du parallélisme de ces deux formations.

NOTE

SUR LA MACHINE A AIR CHAUFFÉ DE M. ERICSSON (1),

Par M. GAULDRÉE-BOILLEAU,

Ingénieur des mines, secrétaire de la légation française à Washington.

On a souvent songé à employer comme pouvoir moteur l'air atmosphérique, le plus économique de tous les agents, celui de tous qui est le plus immédiatement à notre portée. La propriété qu'il a de se dilater par l'action de sa chaleur et la force d'expansion qui en résulte semblaient devoir le rendre d'un usage facile dans l'industrie. Cependant les essais entrepris pour le sub-

(1) Les articles publiés dans la plupart des journaux industriels des États-Unis sur la machine *calorique* du capitaine Ericsson, témoignent de la curiosité qu'a excitée chez les constructeurs de ce pays la nouveauté du principe sur lequel elle est établie, du succès des premiers essais faits à New-York avec des appareils dont l'un serait d'une puissance de soixante chevaux-vapeur, et des espérances que l'on fonde sur l'application de cette machine à divers usages et surtout à la navigation. La commission s'est donc empressée d'insérer dans le recueil des *Annales des mines* la notice descriptive que M. Boilleau a transmise au gouvernement, bien qu'elle y regrette l'absence de détails de construction et de résultats précis d'expériences, sans lesquels il est impossible d'apprécier à leur juste valeur les assertions contenues dans les journaux américains sur la quantité de travail obtenue d'un poids donné de combustible, à l'aide de la nouvelle machine. Aux renseignements contenus dans la notice de M. Boilleau, nous ajouterons un extrait d'un journal, *Hunt's merchant's magazine and commercial Review*, publié à New-York par Freeman Hunt, où l'on trouve quelques détails concernant la construction et le mode d'action de la pièce essentielle, que M. Ericsson a appelée le *régénérateur*. CH. COMBES.

stituer à la vapeur ont été longtemps infructueux, et M. Éricsson, l'ingénieur habile qui vient de construire la *machine calorique*, a consacré plus de vingt ans à ces recherches. Les idées qu'il a réussi enfin à appliquer sont les suivantes :

La véritable force dans les machines à vapeur, comme dans celles où ce fluide est remplacé par l'air atmosphérique, est la chaleur qui transforme l'eau en vapeur et qui produit la dilatation de l'air. Un accroissement de température équivaut donc, quel que soit le milieu auquel on le communique, à un accroissement du pouvoir moteur et l'on ménage ce pouvoir en économisant la chaleur. Or, comme le calorique ne s'use point, il en résulte que la force qu'il engendre doit, en s'exerçant dans les mêmes circonstances, produire constamment les mêmes effets. Si la machine est à vapeur et à haute pression, le calorique absorbé par le changement d'état de l'eau est perdu quand le gaz s'échappe dans l'atmosphère, et si la machine est à basse pression, il est également perdu quand ce gaz est condensé. Mais si l'on substitue à la vapeur l'air atmosphérique qui reste à l'état gazeux sous les températures et les pressions connues, et que le calorique qui a produit la dilatation d'une masse d'air lui soit repris quand elle reviendra à son volume primitif, qu'il agisse sur une nouvelle masse à laquelle il sera encore repris et que ce jeu se continue, il n'y aura d'autres déperditions de force que celles dues au rayonnement du calorique et à la conductibilité des corps par l'intermédiaire desquels il aura agi. Le problème consiste donc à trouver un moyen simple de donner et de reprendre aux masses d'air successives qui traverseront l'appareil une somme de calorique une fois produite, demeurant la même pendant toute la durée des opérations et fonctionnant

comme le fait la gravité dans le mouvement d'une roue hydraulique.

M. Ericsson a résolu fort ingénieusement ce problème :

L'air admis dans l'appareil qu'il a imaginé et celui qui en sort ont à parcourir une série de disques en treillis métallique, juxtaposés et portés préalablement à la température voulue. Disséminés dans les millions de cellules que comprennent entre eux les fils de ces disques et mis ainsi en contact intime, en contact moléculaire avec le métal de ces fils, les courants d'air s'échauffent et se refroidissent avec une rapidité merveilleuse. Le *Régénérateur*, c'est le nom que M. Ericsson donne à l'intermédiaire par lequel se fait cet échange de calorique entre les masses d'air qui viennent et celles qui s'en vont, est baigné sur l'une de ses surfaces par l'air froid qui en se dilatant produira le mouvement du piston, et sur la surface opposée par l'air chaud dont l'action est terminée. L'équilibre ne peut donc s'établir entre les températures extrêmes ; mais au contraire la transmission du calorique a lieu dans un espace de temps inappréciable, et le résultat est si complet que les thermomètres accusent à peine une différence de quelques degrés entre l'air froid appelé dans l'appareil et l'air refroidi qui en est renvoyé.

Je décrirai maintenant une machine de 60 *chevaux* construite par M. Ericsson, d'après les principes que je viens d'indiquer et qui fonctionne depuis un an dans les ateliers de MM. Hogg et Delamater, à New-York.

Cette machine comprend quatre cylindres superposés l'un à l'autre deux par deux et dans l'intérieur desquels se meuvent des pistons. Les cylindres inférieurs ont 72 pouces de diamètre et ceux qui les surmontent 58. M. Ericsson a nommé les premiers cylindres *de*

travail : working cylinders, et les seconds cylindres *d'approvisionnement : supply cylinders.* Chacun d'eux a 24 pouces de hauteur, et cette mesure est également celle de la longueur de la course des pistons. Les pistons des cylindres superposés sont unis par des tiges métalliques, de façon à ne former qu'un même système et à se mouvoir ensemble. Les deux systèmes de piston sont liés par un balancier, comme le sont les pistons des machines à vapeur à deux cylindres. Il y a sous chacun des grands cylindres un foyer présentant une surface de 18 pouces sur 24. On y brûle de l'anthracite, et la chaleur qu'on obtient ainsi est employée au début de l'opération à porter le régénérateur à la température voulue et, une fois la machine en mouvement, sert à réparer les pertes dues au rayonnement, à la conductibilité et à ce que l'air refroidi ne l'est pas assez complétement pour ne pas emporter une petite portion du calorique. Dix-huit soupapes, neuf pour l'admission et neuf pour la sortie de l'air, ayant 6 pouces et demi de diamètre, sont disposées au haut de chacun des cylindres d'approvisionnement. Les dernières établissent la communication entre ces cylindres et une capacité hydraulique, sorte de réservoir d'air où ce gaz est reçu et comprimé à chaque mouvement ascensionnel des pistons. Des soupapes mises en jeu par la machine même et ayant 14 pouces de diamètre règlent l'entrée de l'air froid appelé dans les cylindres de travail et la sortie de l'air refroidi dont l'action est épuisée. Le régénérateur est formé de disques en fil de fer au nombre de 200. Chacun de ces disques ayant 676 pouces quarrés et le pouce quarré ayant 100 mailles, il en résulte qu'il y a 67.600 mailles par disque et 13.520.000 mailles pour les 200 disques; et si l'on considère que le nombre des espaces vides entre les disques est égal

à celui des mailles sur leur surface, on en conclura que le régénérateur renferme plus de 27.000.000 de cellules, à travers lesquelles l'air doit passer en se rendant dans les cylindres ou en en sortant.

Les différentes parties de la machine calorique sont représentées par la *fig.* 1 de la Pl. VIII; elles y sont désignées par des lettres, comme il suit :

A. Réservoir d'air.
B. Cylindre d'approvisionnement (*supply cylinder*).
c^2. Soupape pour l'admission de l'air admosphérique, fonctionnant du dehors au dedans.
c'. Soupape pour le dégagement de l'air, s'ouvrant de B en A.
C. Piston du cylindre d'approvisionnement (*supply piston*).
c. Tige de ce piston liée au balancier.
D. Cylindre de travail (*working cylinder*).
E. Piston de ce cylindre (*working piston*).
e. Vaisseau imperméable à l'air suspendu au-dessous du piston de travail et rempli de poussières de charbon de bois et d'argile, pour empêcher la transmission de la chaleur.
dd. Ouvertures pratiquées entre les deux cylindres et par lesquelles l'air atmosphérique entre et sort librement.
e'e'. Tiges de fer qui réunissent les deux pistons.
F. Régénérateur.
G. Soupape pour l'admission de l'air dans le régénérateur et le cylindre de travail.
H. Soupape pour le dégagement de l'air de ce cylindre et du régénérateur.
I. Conduit aboutissant à l'atmosphère par lequel s'échappe l'air qui a traversé l'appareil.
K. Foyer.
l, *m*, *n*. Thermomètres.

J'indiquerai brièvement la manière dont la machine fonctionne.

On allume du feu sur le foyer K et on l'entretient pendant une couple d'heures. Ce temps écoulé, on com-

prime au moyen d'une pompe à bras de 10 pouces de diamètre l'air du réservoir A jusqu'à ce que la pression de cet air soit de 6 livres par pouce quarré ; l'opération ne dure pas plus de deux minutes. On ouvre alors la soupape G ; l'air comprimé du réservoir A s'en échappe, il pénètre dans le régénérateur, s'y échauffe et détermine le mouvement ascensionnel des pistons E et C, liés l'un à l'autre, comme il a été dit, par les tiges métalliques *e'e'*. Cependant les soupapes *c'* sont fermées par la pression qu'exerce sur elles l'air contenu dans le cylindre B ; la pression de cet air ouvre au contraire les soupapes *c'* et le réservoir A reçoit ainsi un nouvel *approvisionnement* d'air. Quand les pistons approchent de l'extrémité de leur course, la soupape G se ferme, et, quand cette course est terminée, la soupape H s'ouvre. L'air dilaté qui remplit le cylindre inférieur se trouve, par le conduit I, en communication avec l'air atmosphérique ; un équilibre de pression ne tarde point à s'établir et les pistons se mettent alors à descendre par la seule action de leur poids ; ils pèsent ensemble environ 5.000 livres. L'air chassé du cylindre D traverse le régénérateur et y laisse la chaleur qu'il y avait empruntée à un premier passage. Pendant ce temps les soupapes *c'* sont ouvertes, les soupapes *c'* fermées et le cylindre d'approvisionnement se remplit d'air à la pression de l'atmosphère.

Une nouvelle série d'opérations identiques aux premières commence : la soupape H se ferme par le jeu même de la machine ; la soupape G s'ouvre de la même manière. L'air fourni au réservoir A du cylindre B par les soupapes *c'* franchit le régénérateur, s'y échauffe, se dilate et soulève le piston E qui, dans sa course ascensionnelle, entraîne le piston C. L'air qui remplissait le cylindre B passe alors dans le réservoir A. La sou-

pape G se ferme, la soupape H s'ouvre, le piston E retombe et avec lui le piston C. Un nouvel approvisionnement d'air froid se fait dans le cylindre B, pendant que l'air chaud du cylindre D est renvoyé de ce dernier cylindre et traverse le régénérateur, où il laisse son calorique.

Ce mécanisme est d'une extrême simplicité.

Le fluide par l'intermédiaire duquel le calorique agit est puisé dans l'atmosphère. Les cylindres justement nommés *d'approvisionnement* se remplissent d'air chaque fois que les pistons redescendent, et quand les pistons s'élèvent cet air est comprimé dans le réservoir d'où il se rend dans les cylindres *de travail*. La capacité approximative de l'un de ces derniers est de 56 pieds cubes; celle de l'un des cylindres d'approvisionnement est de 37 environ. L'air froid des seconds ne remplirait donc que les deux tiers de la capacité des premiers. Mais il est porté à une température de 480 degrés (Fahrenheit) et son volume est doublé par cet échauffement. Or la surface des pistons de travail est à celle des pistons d'approvisionnement dans le rapport de 3 à 2; il s'ensuit que la force qui tend à déterminer le mouvement l'emporte sur la résistance d'un nombre de livres égal au produit de cette différence entre les surfaces des pistons, exprimée en pouces quarrés, par le chiffre de la pression, supposée égale de part et d'autre sur chaque pouce quarré, c'est-à-dire environ 12 livres. Cet excédant de force est assez considérable pour qu'une ouverture pratiquée à dessein en Y n'ait pas gêné la marche de l'appareil; son action s'exerce avec une grande régularité : il est évident d'ailleurs que cette action une fois commencée ne saurait être suspendue, aussi longtemps que l'air froid du réservoir continue à être porté à une température dont

l'action sur son volume est celle que j'ai indiquée. L'effet est le même que dans une balance où le plateau chargé du poids le plus lourd entraîne indéfiniment l'autre. Quand un système de pistons s'élève, l'autre s'abaisse, et de cette manière on équilibre les uns par les autres les tiges et les pistons; de plus, quand un cylindre d'approvisionnement se vide, l'autre se remplit, et conséquemment le réservoir d'air est toujours plein de gaz à la même pression.

Le jeu du calorique est aussi simple que celui de l'air.

Le régénérateur, cette ruche aux millions d'alvéoles, dont les fils, si on venait à les développer, mesureraient 41 milles et demi et couvriraient une étendue superficielle de 2.014 pieds quarrés (celle de quatre grandes chaudières cylindriques à vapeur de 40 pieds de long et de 4 pieds de diamètre), le régénérateur remplit si bien le rôle qui lui est dévolu que les thermomètres mis en Z et en X n'ont jamais accusé une différence de température inférieure à 450° F. et que les thermomètres en *l* et en *m* n'en ont jamais indiqué une qui fût supérieure à 30 degrés. Dans son trajet à travers le régénérateur, l'air reçoit donc une augmentation de température de 450°; les 30 degrés qui lui manquent pour que son action s'exerce dans les conditions voulues lui sont fournis par le foyer K; cette action terminée, des 480 degrés acquis, ainsi qu'il vient d'être dit, 450 sont repris par le régénérateur, instantanément comme ils avaient été donnés, et l'air en quittant l'appareil emporte les 30 autres. Il est facile de calculer la dépense de combustible représentée par cette perte de 30 degrés.

Les pistons des cylindres d'approvisionnement ont une surface de 5.282 pouces quarrés; l'étendue de la

course de ces pistons est de 2 pieds, et chacun d'eux s'élève et s'abaisse trente fois par minute. La quantité d'air admise dans l'appareil est donc de 2.192 pieds cubes par minute ou de 132.520 pieds cubes par heure. Le poids de l'air étant d'une livre environ pour 13 pieds cubes et demi, il en résulte que 9.816 livres d'air traversent l'appareil dans l'espace d'une heure. Or, une livre de charbon élève de 1.100 degrés la température de 10 livres d'eau, et, comme la chaleur spécifique de l'eau est à celle de l'air dans le rapport de 26 à 100, une livre de charbon suffit pour élever de 1.100 degrés la température de 38 livres 4/10 d'air. La perte de 30 degrés observée équivaut donc à la perte d'une livre de charbon par $\frac{38,4 \times 1.100}{30} = 1.408$ livres d'air ou à celles de 6 livres 97/100 d'air qui traversent l'appareil dans l'espace indiqué d'une heure. La dépense de charbon par heure et par force de cheval devrait donc dans la machine de M. Ericsson être à peine supérieure à la dixième partie d'une livre. Cependant la machine actuelle consomme cinq à six fois plus de combustible, en moyenne une quarantaine de livres par heure, soit 900 à 1.000 livres par journée de vingt-quatre heures de travail. La dépense maximum a été de 960 livres, sur lesquelles 168 seulement, moins du cinquième, ont été employées pour compenser la différence de température entre l'air froid et l'air refroidi. L'efficacité du régénérateur, et c'est le point essentiel, a donc été bien constatée. Quant aux pertes dues au rayonnement et à la conductibilité, on est en droit d'espérer qu'elles seront considérablement réduites à l'aide de perfectionnements faciles à imaginer. Il est évident aussi que l'importance de ces pertes doit être en raison inverse de la grandeur des machines.

M. Ericsson pense qu'elles seront à peu près annulées dans la machine de 700 chevaux dont il dirige actuellement la construction. Cette machine aura huit cylindres, quatre de 14 pieds de diamètre et de 6 pieds de hauteur, et quatre superposés aux premiers, ayant comme eux 6 pieds de haut, mais seulement 11 pieds et demi de diamètre. Le navire destiné à la recevoir s'achève chez MM. Perrine, Patterson et Heck, à New-York. Il jaugera 2.200 tonneaux et sera lancé dans les premiers jours du mois d'octobre. Si le voyage d'épreuve réussit, ainsi qu'on est fondé à l'espérer, les résultats de la découverte de M. Ericsson sont incalculables. Les steamers de la ligne Collins consomment aujourd'hui pour le trajet de New-York à Liverpool et le retour 1.500 à 2.000 tonnes de charbon; M. Ericsson prétend faire le même double voyage avec 75. Et en effet, en adoptant tout exagéré qu'il soit le chiffre de la dépense de la machine calorique de 60 chevaux pour base du calcul du chiffre de la dépense de la machine de 700 et en estimant à vingt-cinq jours le temps de la navigation de New-York à Liverpool et de Liverpool à New-York, on trouve que 130 tonnes suffiront pour cette navigation. Or le chiffre indiqué par la pratique, comme celui de la perte due aux quelques degrés de chaleur que l'air emporte en sortant du régénérateur pour revenir à l'atmosphère, serait pour une machine de 700 chevaux et un travail de vingt-cinq jours d'environ 22 tonnes. En évaluant le combustible qui sera consommé par la machine calorique de 700 chevaux à 75 tonnes, M. Ericsson a donc pris une moyenne entre le chiffre calculé d'après celui de la dépense actuelle de la machine de 60 chevaux, qui est évidemment un maximum, et celui de la dépense minimum qui aurait lieu si les pertes dues au rayonnement et à la conduc-

tibilité étaient entièrement évitées. Cette moyenne n'a rien que de vraisemblable.

Les chiffres qui ont été discutés établissent, mieux que ne le feraient des raisonnements, l'importance pratique de la découverte de M. Ericsson. D'une part, la dépense occasionnée par la consommation du combustible devient insignifiante et pour les plus grands steamers et pour les plus longs voyages; de l'autre, la place qu'occupait le charbon, acheté à raison de 4 ou 5 dollars la tonne, étant prise par des marchandises dont le transport constitue un bénéfice pour l'expédition, un double profit est ainsi réalisé. Les machines à vapeur exigent un nombreux personnel; les machines caloriques demanderont à peine quelques bras; c'est une économie de plus. De plus, simples comme elles sont, elles devront réclamer moins de soins et être moins sujettes à réparation que les premières. Leur emploi diminuera aussi dans une proportion énorme les chances d'accidents : avec elles, il n'y aura pour ainsi dire plus d'explosion possible et le danger des incendies, toujours imminent sur les steamers actuels qui ont de telles accumulations de charbon et de telles surfaces de chauffe, sera beaucoup atténué sur les navires qui seront munis des nouveaux appareils. Ces navires pourront être également disposés d'une manière plus commode pour les passagers et, en tout cas, ils seront infiniment mieux aérés que les anciens. On a calculé que la machine de 700 chevaux actuellement en construction aspirerait 2.056.320 pieds cubes ou, en poids, 60 tonnes d'air par heure de l'intérieur du bâtiment; il est difficile d'imaginer un mode de ventilation plus puissant.

La découverte de M. Ericsson, appliquée à la navigation, en changerait donc toutes les conditions; non-

seulement elle donnerait aux moyens de transport rapides la sûreté qui leur manque aujourd'hui et les mettrait à la portée de tous, mais elle annulerait en quelque sorte les distances. Les continents ainsi rapprochés, l'esprit s'étonne en songeant aux développements que prendraient le commerce et l'industrie.

Dès à présent, et sans chercher à prévoir les résultats d'une épreuve non encore tentée, le fait à constater est celui d'une machine à air, d'une force de 60 chevaux, fonctionnant depuis plus d'un an dans de bonnes conditions de régularité et avec une économie incontestable. Ce fait en lui-même est considérable. L'air substitué depuis longtemps à la vapeur en théorie lui a été enfin substitué dans la pratique : et dût l'emploi de l'appareil de M. Ericsson ne point être généralisé, ainsi qu'il y a lieu de l'espérer, il n'en resterait pas moins à l'ingénieur suédois l'honneur d'avoir résolu un problème important et d'avoir ouvert la voie aux découvertes que l'idée qu'il a réussi à appliquer ne pourra manquer d'amener.

EXTRAIT DU *Merchant's magazine and commercial review.*
(Numéro de juillet 1852.)

Le régénérateur est composé de gazes métalliques, comme celles dont on se sert pour la confection des tamis, placées les unes à côté des autres de façon que l'ensemble ait une épaisseur de 12 pouces, par exemple. L'air, pour arriver dans le cylindre *opérateur*, est obligé de passer dans les cellules presque innombrables formées par le croisement des fils métalliques, et est ainsi divisé en parcelles si petites que toute la masse est mise en contact très intime avec le métal. Supposons maintenant, et c'est ce qui a réellement lieu dans le jeu de la machine, que le côté du régénérateur voisin du cylindre opé-

rateur soit porté à une température élevée. L'air, en passant à travers ce métal échauffé, avant d'entrer dans le cylindre, y prend, ainsi que le montrent les thermomètres, 450 degrés de température sur les 480 degrés qui sont nécessaires pour doubler son volume. Les 30 autres degrés lui sont communiqués par l'action du foyer établi sous le cylindre. L'air se dilate alors, pousse le piston de bas en haut Le piston étant arrivé à la partie supérieure de sa course, les soupapes s'ouvrent, et l'air chauffé à 480 degrés dans le cylindre opérateur, s'écoule maintenant dans l'atmosphère, en passant de nouveau à travers le régénérateur. Nous avons dit que le côté de cet appareil voisin du cylindre est chaud; il fallait ajouter que le côté opposé est entretenu froid par l'action de l'air entrant en sens inverse à chaque excursion ascendante du piston. En conséquence, lorsque l'air chaud sortant du cylindre traverse le régénérateur, les fils métalliques absorbent si bien la chaleur dont il est pénétré, qu'il ne conserve plus à sa sortie qu'une température de 30 degrés. En d'autres termes, l'air, dans son passage à travers le régénérateur pour arriver au cylindre opérateur, s'échauffe graduellement de 450 degrés; et lorsqu'il sort, il restitue aux fils métalliques la chaleur correspondante à ces 450 degrés, laquelle est utilisée de nouveau et ainsi de suite indéfiniment, les foyers établis au-dessous des cylindres ayant uniquement pour objet de fournir les 30 degrés de chaleur dont nous avons parlé, et celle qui est perdue par le rayonnement et la dilatation. Quelque extraordinaire que paraisse ce résultat, son exactitude est démontrée d'une manière incontestable par l'indication du thermomètre.

. . . .

Le régénérateur de la machine de soixante chevaux que nous avons examinée a, dans œuvre, 26 pouces de hauteur sur autant de largeur. Il est formé de 200 disques de gaze métallique, dont chacune a une superficie de 676 pouces quarrés; le nombre des fils du tissu est de 10 par pouce linéaire, ce qui donne à la gaze 100 ouvertures au pouce quarré..... Chaque disque contient une longueur de fils métalliques de 1.140 pieds; le régénérateur tout entier contient donc 228.000 pieds ou 41 milles et demi de longueur de fil, dont la surface totale est égale à la surface entière de quatre chaudières à vapeur ayant chacune 40 pieds de longueur et 4 pieds de diamètre. Le vo-

lume du régénérateur n'est cependant que de 2 pieds cubes, moins de 1/1920 de la capacité des quatre chaudières.

. . . .

Ce procédé merveilleux de *transmission et retransmission* (transfer and retransfer) de la chaleur constitue une découverte des plus remarquables en physique. Son auteur, le capitaine Ericsson, s'est assuré depuis longtemps, et c'est à cette observation que se rattache le trait le plus saillant de la *machine calorique*, que l'air atmosphérique et les autres gaz permanents peuvent, en traversant un espace de 6 pouces de longueur seulement, dans la cinquantième partie d'une seconde, acquérir ou perdre au delà de 400 degrés de chaleur. (Atmospheric air and other permanent gases, in passing through a distance of only six inches, in the fiftieth part of a second of time, are capable of acquiring, or parting with, upward of four hundred degrees of heat.)

. . . .

La machine de soixante chevaux que nous avons examinée a fonctionné à pleine vitesse (at full speed) pendant vingt-quatre heures consécutives, en consommant seulement 960 livres de charbon de terre.

P. S. En publiant ces renseignements, la commission des *Annales des mines* laisse à l'inventeur de la machine et à l'auteur de la notice toute la responsabilité de leurs idées théoriques qui pourront être, lorsque les faits nous seront mieux connus, discutées plus sérieusement et avec plus d'utilité que dans ce moment.

CH. COMBES.



RECHERCHES

SUR LES GÎTES MÉTALLIFÈRES DE L'AVEYRON, ET SUR LEURS RELATIONS AVEC LES DIVERS PRODUITS PLUTONIQUES.

Par M. AD. BOISSE, directeur des mines de Carmaux.

(EXTRAIT.)

But du mémoire.

Le sol de l'Aveyron recèle un grand nombre de gîtes métallifères, la plupart encore peu connus ; le but de cette note est de les signaler, d'étudier leurs principales conditions de gisement, de rechercher le mode d'action, le degré d'intensité des phénomènes géologiques qui les ont produits.

Plan du mémoire.

Dans ce qui va suivre, je prendrai pour guide le travail de M. E. de Beaumont sur les filons, et je diviserai ce mémoire en deux parties distinctes.

Dans la première, consacrée à l'énumération des gîtes métallifères et des produits connexes, je passerai en revue :

1° Les *produits métallifères* médiats et immédiats des éruptions plutoniques ;

2° Les *produits non métallifères* des mêmes éruptions.

Dans la deuxième partie, je rechercherai, par l'étude comparée de quelques exemples pris dans les districts métallifères les plus riches, les lois générales de gisement, des minerais considérés soit en eux-mêmes, soit dans leurs rapports avec les phénomènes connexes.

PREMIÈRE PARTIE.

ÉNUMÉRATION DES GÎTES MÉTALLIFÈRES.

§ I. *Produits métallifères des éruptions.*

Voici l'indication sommaire des localités où ont été observés des filons métallifères; en ne tenant compte que des minerais de manganèse, de fer, de zinc, plomb, cuivre, argent, antimoine; les seuls qui offrent quelque importance (1).

Filons manganésifères.

Le *manganèse oxydé et silicaté*, se trouve en filons: aux environs de Lanuéjouls; à Cantaloube, près Mauron; à Campels, près Mauron; aux environs de Malleville; à Cantagrel, près Sauvança; à Vaysa, près Testas; à Couraux, près Najac; à Laurière, à Monteils (S), à Magnols (F), à Belmont (F), à Vèzes, près Cadours (S).

Indépendamment de ces filons, où le manganèse constitue la matière métallique dominante, le même métal se trouve encore dans plusieurs filons ferrugineux, tels que ceux de Kaïmar, de Poureillet, du Cliqui, de Barés..... Le manganèse carbonaté existe aussi dans plusieurs fers spathiques : il entre pour une proportion de 10 p. 100 dans la composition des fers spathiques, de Magnols, de la Serène, de Cassagnes.

Filons ferrugineux.

Le *fer* se trouve dans les filons de l'Aveyron à l'état de fer oxydulé, de fer oligiste, d'hématite, de fer spathique, de pyrite, de pyrite arsenicale, et de fer chromé.

(1) Il y a quelques filons que je ne saurais citer *de visu*. J'aurai soin de faire connaître, pour ceux-là, les autorités auxquelles j'emprunterai mes citations; en plaçant à la suite de l'indication de localité, les initiales du nom de l'auteur. Voici les noms que j'aurai le plus souvent à citer, et l'explication des signes abréviatifs employés : (S) Senez, (H) de Hennezel, (F) Fournet, (Bl.) Blavier.

Je ne connais que cinq localités où le *fer oxydulé* se présente en filons. Ce sont : Fer oxydulé.

1° La colline serpentineuse du Puy-de-Vol, près Firmy ;

2° La mine de Combenègre, près Villefranche, dans les schistes micacés ;

3° Le filon de Morlhon, près Villefranche, dans les schistes micacés ;

4° Les environs de Sauvança (filon du Mas-del-Puech, dans les eurites) ;

5° Les environs de Vialelles (H).

Le fer oxydulé se trouve encore en assez grande abondance dans les serpentines de Najac et d'Arvieux, soit en parcelles disséminées dans la masse, soit en veinules ramifiées, mais je n'y ai point observé de véritables filons.

Il n'existe, à ma connaissance, qu'un petit nombre de gîtes de *fer oligiste*, encore paraissent-ils le plus souvent former plutôt des gîtes irréguliers en chapelets que des filons réglés. Je citerai parmi les localités où j'ai trouvé ce minerai en plus grande abondance : Fer oligiste.

1° Les environs de Rodez, au Puech, Rendeynes, Combelles-Luc, les gneiss ;

2° Verrieroles, près Senergues, dans le granite porphyroïde ;

3° La Rounie, près Saint-Pierre-des-Cats, dans le calcaire cambrien.

Le *fer hématite* se trouve dans presque tous les filons métallifères où il constitue souvent aux affleurements ces masses ferrugineuses connues sous le nom de *gossan* ou chapeau de fer, et considérées par les mineurs anglais comme un indice précieux de la richesse des filons. Il faudrait donc, pour citer tous les gisements d'hématite, donner une énumération presque complète des Fer hématite.

filons métalliques de l'Aveyron. Je me contenterai de signaler ceux dont le fer constitue la matière métallique dominante.

Localités.	*Roche encaissante.*
Filon du roc de Kalmar, près Lunel.	Schistes talqueux, sur la limite du granite.
— de Cliqui, près Villecomtal. . .	*Idem.*
— de Barés, près de Nayrac. . . .	*Idem.*
— de Poureillet, près Goutrens. .	Schistes et gneiss.
— de Lesans, id.	*Idem.*
— Le Mas, près Compolibat. . . .	Gneiss.
— Lortal (S.), près la Bastide. . . .	?
— Tréboso, près Gages	Gneiss.
— Ayrignac, près Bertholène. . . .	Terrain houiller.
— Sonnac.	Diorites.
— Roquefèral, près Saint-Sever. .	Schistes cambriens.
— Vacairiol, près Brousse.	Trias.

Fer spathique. Le *fer spathique* ne constitue à lui seul aucun filon, mais il se trouve souvent associé à d'autres minerais métalliques, surtout dans la région métallifère des environs de la Légrie et Saint-André-de-Bar. A Maillors, près de Cassagnes, il forme la matière dominante d'un filon de 2 mètres de puissance encaissé dans les diorites: les autres filons où on le trouve avec quelque abondance sont les suivants :

Localités.	*Roche encaissante.*
La Carsenie, près Peyrusse.	Granite.
Les Serres, près la Bastide.	Gneiss.
Campels, près Mauron (S).	Gneiss et porphyre.
Campans, près Villefranche.	
Les Phalips, id.	Gneiss et porphyre.
Pradine, près Saint-André-de-Bar. . .	Schistes micacés à la limite du granite.
Faragut, près Najac.	Gneiss.
La Légrie, id.	Gneiss.
Cassagnes, id.	Diorites.
Magnols (F).	Granite et porphyre.
Roste, près Sylvanez.	Schistes cambriens.
Fonserène, près Mélaguy.	*Idem.*
Corbières. id.	Calcaire et schistes cambriens.

Pyrite de fer. La *pyrite de fer*, soit pure, soit combinée avec le sulfure de cuivre se trouve dans une foule de filons; il n'est presque aucun gîte métallifère appartenant à la classe désignée par M. E. de Beaumont, sous le nom

de filons proprement dits, dans lequel on ne trouve la pyrite de fer associée aux autres sulfures métalliques de plomb, cuivre, zinc, antimoine.

La *pyrite arsenicale*, au contraire, paraît fort rare dans les filons métalliques; elle n'a été, que je sache, signalée qu'aux environs de Villefranche, dans un filon dont on voit l'affleurement sur le bord de la route de Villefranche à la Guépie, près de la borne n° 5. Pyrite arsenicale.

Le *fer chromé*, toujours subordonné aux roches serpentineuses, accompagne le fer oxydulé : au Puy-de-Vol, près Firmy; à Cassagnes, près Najac; à Arvieux. Fer chromé.

Je n'ai trouvé ce minerai qu'en fragments disséminés et non en filons réguliers.

Le *graphite* exploité près de *Trémouille* constitue un filon encaissé dans le gneiss. On voit des indices de filons semblables dans les schistes micacés et talqueux : à Sagnes, près Saint-Cyprien; à Artigues, Monpestels, Saint-Parthem, le Cayla, le Clot. Graphite.

Le *zinc* ne forme guère qu'un élément accessoire dans les filons métallifères de l'Aveyron : il s'y trouve habituellement à l'état de *sulfure* (*blende*), et beaucoup plus rarement de *calamine*. Le *zinc carbonaté* a été observé par M. Fournet, dans un seul filon, à *la Croizille*, près Najac. M. Blavier cite aussi (*Journal des mines*, t. XIX, p. 255) un gîte de *zinc sulfaté* situé entre Grandvabec et Saint-Parthem; mais je n'ai pu parvenir à retrouver ce gîte. Minerais zincifères.

Les filons dans lesquels j'ai observé des minerais de zinc, presque toujours, ainsi que je l'ai dit, à l'état de sulfure, sont :

Localités.	*Roche encaissante.*
Le filon de Corbières, près Mélagues.	Dans le porphyre subordonné au terrain cambrien.
— de Fouserène, *id.*	*Idem.*
— de Lastiouse, *id.*	*Idem.*
— de Limazette, près Creissels.	Dans le calcaire du lias.
— de la foncée Bernard, *id.* ..	*Idem.*
— de Galès et Soulobre, *id.* ..	*Idem.*
— de Fons, *id.*	*Idem.*
— de Douzilienques, près le Minier...........	Dans le trias.
— de Pradal, *id.*	*Idem.*
— de Persignac, *id.*	*Idem.*
— de Pichiguet, près Najac..	Schistes et gneiss.
— de Maillors, *id.*	Diorite.
— la Croisille (F), *id.*	Infralias.
— la Bessière, *id.*	Schistes et gneiss.
— la Vergnole, près Sauvança.	*Idem.*
— Cantagrel, *id.*	*Idem.*
— les Pesquiès, près Villefranche.............	*Idem.*
la Maladrerie, *id.*	*Idem.*
Saint-Jean, *id.*	Schistes et porphyres.
— la Bessière, près la Bastide.	*Idem.*
— Vialardet, *id.*	Schistes et eurite.
— la Baume, *id.*	Schistes micacés.
— les Serres, *id.*	*Idem.*
— la Carsenie, près la Peyrusse.	Granite.
— Vernet-le-Haut, près Asprières..........	Schistes micacés.

Filons plombifères.

Le *plomb* se trouve, dans les filons de l'Aveyron, à l'état de sulfure simple ou multiple, à l'état de carbonate blanc et noir, de phosphate jaune et vert, et rarement de sulfate. Ces divers minerais sont le plus souvent associés entre eux.

On voit les minerais de plomb en filon,

Dans le granite : A la Carsenie et Lacaze, près Peyrusse; à Ploussergues, à Peyrottes, à la Grillère, à Mas del Sol, à la Landelle, à Conte, à Vialelles, à Bieulaïgue, à Laurière, à Cantagrel, à Combret, à Testas (Plateau de Sauvança); à Lortal (S), près Labastide; à la Planque-sur-Scrène, près la Bruguière; à Soulages et Pradines, près Saint-André-de-Bar; à la Sarrie, près Saint-André-de-Bar.

Dans les diorites : A Sonnac; à Cabrespines, près Sonnac; à la Légrie, près Najac.

Dans les eurites et les porphyres : A Laurière, près Sauvança; à Bouscau, à la Baume, à Belmont, à Magnols, à Mas de Bouyssou, à la Bessière, à Penevayre (près Villefranche).

Dans la serpentine : A Cassagnes, près Najac.

Dans les gneiss et les schistes cristallins : A Querbes, près Bouillac; à Bréziès, près Bouillac; au Minier, près Peyrusse; au moulin de l'Estiflot, près Naussac (S); à Naussac (S), à Lesterie, près Compolibat (S), à Belmont, à les Aymerits, à Phalips (près Mauron); aux Pesquiés; à la Baume; au Calvaire (près Villefranche); au Bouscau, à Rouaix, à Penevayre, au tournant de la Roque, à la Maladrerie, à Mas de Bouyssou, à Mouillac et Mas de Coucy (environs de Villefranche); aux Serres, à la Baune, à la Vergne, au Pont-du-Lezert, à Vezis, à la Pale, à la Bessière, au Cayla, à Grenefus (environs de la Bastide); à Bressous, commune de Morlhon; à Vialelles, à Gourniès, à la Vergnole, à Cros (près Sauvança); à Puech del Tour; à Cassagnes, à la Légrie, à Pichiguet (près Najac); à Falgayroles, près Monteils; à Pradines, près Saint-André-de-Bar; à Taussac, à Longue-Brousse (près le mur de Barrez); à Bords, au Minier, à Pomayrols (Bl.), à Saint-Laurent-d'Olt (Bl.) (près Saint-Géniez); à Conques (Bl.).

Dans les terrains cambriens et les porphyres subordonnés à ce terrain : A Vernazobres, à Corbières, à Fouserène (près Mélagues).

Dans le trias : Aux ravins de Douzilieuques, de Persignac, de Pradel, à Orzals, au moulin d'Arbus (près du minier de Tarn); à Mazegan, près Saint-Rome-de-Tarn; à Broquiés; à Costrix; à Fijac.

Dans le lias : A la Croisille, près Najac ; à Toulonjac (S), près Villefranche ; à Creissels, à Babonning, au puits Bernard, à Calès, à Soulobres, à la Charité, aux Fons, à Peyre et à las Parets (près Millau).

Filons cuprifères

Le *cuivre* est, de tous les métaux contenus dans les minerais métalliques de l'Aveyron, celui qui se présente sous les formes les plus variées ; on le trouve à l'état de cuivre oxydé et oxydulé, de cuivre sulfuré et panaché, de pyrite cuivreuse, de cuivre gris, de fahlerz, de cuivre carbonaté, sulfaté et hydrosilicaté.

Ces minerais, comme ceux de plomb, existent dans presque toutes les formations depuis les plus anciennes jusqu'au terrain jurassique inclusivement. Ainsi l'on trouve des filons cuprifères enclavés :

Dans le granite : A la Sarrie, au Pontal (près Saint-André-de-Bar) (1) ; à la Planque, près la Bruguière ; à Magnols, à la Treille, à Fontanel (près de Malleville) ; à la Bosse, près Compolibat (S) ; à Bieulaygues, près Malleville ; à Combret, près la Bastide (S) ; à Falgayroles, près Sauvança ; au Bousquet, près Peyrusse ; à Lastiouse, près Mélagues ; au Bosquet, près Laguiolle ; à la Papetterie, près la Bastide.

Dans les diorites : A Cabrespines, à Paysan, près Sonnac ; à Maillors, près Najac.

Dans la serpentine : A Cassagnes, à Faragut, près Najac.

Dans le porphyre feldspathique et les eurites : A Lafrière, près Sauvança ; à Phalips, à la Bessière, à Vialardet (près la Bastide) ; à la Baume, près Villefranche ; à Corbières, à Fouserène, près Mélagues.

(1) Les minerais de cuivre et de plomb, se trouvant très fréquemment associés dans les mêmes filons, on ne doit pas s'étonner de retrouver dans ce tableau un grand nombre de localités déjà citées dans l'énumération des minerais de plomb.

Dans la formation de gneiss et schistes micacés : Au minier Haut, près Peyrusse (S) ; à l'Estiflot, près Naussac ; au Py, près Compolibat (S) ; à Belmont, à Gandiés, à les Aymerits, à Phalips (près Mauron) ; au Mas de Couzon sur l'Alzou, près Villefranche ; à Mouillac, à la Baume, au Calvaire, à Penevayre, à Macarou, à Rouaix, au tournant de la Roque, aux Pesquiés (près Villefranche) ; aux Serres, à la Pale (près la Bastide) ; à Falgayroles, près Monteils ; à Combettes, à Corbières, à l'Espanié, au pont de la Frégeaire, à la Bessière, à Ferragut, à Testas, au Bastit, à Cassagnes, à la Légrie, à Pichiguet (près Najac) ; à Pradines, près Saint-André-de-Bar ; à Tanus ; à Saint-Garthem, Ramondel, à Fabreguette, au Méjanel.

Dans les terrains cambriens et les porphyres subordonnés à ce terrain : A Corbières, à Meynes, à Lastiouses, à Fonserène (près Mélagues) ; à la Barre, près Sénomes ; à Bouche-Payrol, à Ouyre, à Promillac (près Fayet) ; à Rostes, à la Baume (près Sylvanez).

Dans le terrain de trias : Au minier du Tarn (filons de Douzilienques, Persignac, Pradal, Orzals et Arbus) ; au viala de Dourdou ; à Masegan, près Saint-Rome-de-Tarn ; aux Tourettes, près Broquiès ; à Saint Juéry ; au bois de la Blaque, près Rebourguil ; à Peyregrosse, au Mas d'Alet (près Montaigut) ; au Mas d'Andrieu, à Andabre (près Gissac) ; à Saint-Pierre, près Camarès ; au Caylar ; à Laroque, près Valady ; à Bruéjouls ; au Bousquet, près Saint-Christophe ; à Cantaloube, près le Grandmas ; au Puech, près Villecomtal ; à Langoustic, près Mouret.

Dans le grès infrà-liasique : à Santou, près Calcomié ; aux Gaillots (rive droite du Lot), près du pont de la Madeleine ; au ravin des Lavadons, près Soulobres.

Dans le calcaire du lias : A Babouning, près Creissels ; à la foncée Bernard, à Limazette, aux Fons, à

Soulobres (près Creissels); à las Parets, près Millau.

Filons argentifères.

Nous ne connaissons dans les filons métalliques de l'Aveyron aucun minerai exclusivement argentifère; mais l'*argent* existe en proportion souvent très-notable dans plusieurs des filons que nous avons déjà signalés comme contenant du cuivre et du plomb. Le minerai auquel ce métal se trouve le plus souvent associé est le sulfure de plomb (galène). De nombreux essais ont démontré que la plupart des galènes de l'Aveyron sont argentifères. Mais comme la présence de l'argent dans ces minerais n'est signalée par aucun caractère extérieur certain et ne peut être constatée que par l'analyse chimique; je ne citerai comme réellement argentifères que les filons dans lesquels l'existence de ce métal a été bien authentiquement reconnue. Je donnerai ensuite, dans une seconde liste, l'énumération des filons que divers auteurs ont cités comme argentifères, sans appuyer leurs citations sur les résultats d'une analyse authentique.

A. Filons dans lesquels la présence de l'argent a été bien constatée.

Filons de galène argentifère.

Dans le granite : A Laurière, près Sauvança; à Vialelles; à Pradines et Soulages, près Saint-André-de-Bar.

Dans le porphyre quartzifère et les eurites : Au Mas de Bouyssou, à Bouscau, à la Baume, à Penevayre, à Magnols, à la Bessière (près Villefranche).

Dans les gneiss et les micaschistes : A Macarou, à Pesquiés, à Morlhon (près Villefranche); à Cantagrel, près Sauvança; à Vernet-le-Haut, près Bouillac; à Bord, commune de Pomayrols, près Saint-Géniez-d'Olt; à la Légrie; à Pichiguet.

Dans le trias : Au minier du Tarn.

Dans le lias : A Babouning, à la tranchée Bernard, aux Fons, à Galès (près Creissels).

B. Filons présumés argentifères.

Dans un rapport adressé à la direction générale des mines en août 1836, et reproduit dans un recueil de documents relatifs à l'exploitation des mines de l'Aveyron (1), M. Senez, ingénieur des mines du département, cite encore comme argentifères les filons de galène de Querbes, Sonnac, Bréziés, le moulin de l'Estiflot, le Bousquet près Peyrusse, le minier haut et bas, Mouillac, l'Estivié, le Cayla, Peyrottes, Grillères, Bessous, Ploussergues, Puech-del-Tour, Cassagues, la Planque, la Sarrie, Conques, Aubrac, Sévérac, le Mur de Barrez, Saint-Laurent-d'Olt.

D'après M. Hermann Koch, les cuivres gris, la galène, la bournonite et la pyrite de fer des mines de la Barre et Corbières seraient argentifères (1). J'ai constaté moi-même l'existence d'une assez notable proportion de ce métal dans les pyrites cuivreuses que l'on trouve en minces filets dans le grès bigarré aux environs de Pruines.

Filons antimonifères.

Les minerais d'*antimoine*, habituellement associés aux minerais de plomb et de cuivre, ne forment presque toujours qu'un élément accessoire des filons. Le gîte de Buzeins, où l'on voit encore les traces d'une ancienne exploitation, est le seul dont le minerai antimonifère paraisse constituer l'élément essentiel.

Le sulfure d'antimoine se trouve encore au Batut,

---

(1) Recueils de documents relatifs à l'exploitation des mines métallifères de l'Aveyron, publié à Paris en 1847, chez Langlois et Leclercq, pages 35 et suiv.

(1) Recueil de documents, déjà cités, page 150.

près Lédergues ; au Bousquet, près Laguiolle ; à la Baume, près Sylvanez ; et les antimoniosulfures de plomb, de cuivre et de fer, la jamesonite, la bournonite, font partie intégrante d'un très-grand nombre de filons à Corbières, Foncerène, la Barre, Rostes, Creissels, le minier du Tarn, Pichiguet, la Légrie, Cantagrel, la Baume, près Villefranche, las Parets, etc.

Minerais divers. Les minerais que nous venons de passer en revue sont les seuls qui existent avec quelque abondance dans les filons métalliques de l'Aveyron ; les seuls qui aient paru jusqu'à ce jour pouvoir fournir matière à exploitation. Les minerais appartenant aux autres espèces métalliques que nous allons signaler sont rares et sans importance.

Le *nickel* n'a été trouvé que dans un seul filon, le filon de Gourniés, près Villefranche, à l'état de nickel arsenical.

Je n'ai observé l'*urane* qu'aux environs de Golignac, dans quelques filons de pegmatite et d'hyalotourmalite enclavés dans le granite porphyroïde du plateau de Campuac ; il existe à l'état d'urane phosphaté.

Le *titane*, assez souvent associé, mais en très-petite proportion, aux minerais de fer, n'existe avec quelque abondance que dans le fer oxydulé titanifère disséminé dans les diorites du plateau de Sonnac. Ce métal appartient donc plutôt par son gisement à la classe des roches plutoniques métallifères qu'à celle des filons.

L'*arsenic*, satellite habituel de l'antimoine, qu'il remplace parfois dans certaines combinaisons, est infiniment plus rare que ce dernier métal dans les filons de l'Aveyron. Les minerais métalliques, dans la composition desquels il entre le plus habituellement, sont les arséniosulfures de plomb, de cuivre. On le trouve aussi dans le nickel arsenical de Gourniès et dans la pyrite

arsenicale de la borne n° 5 (route de Villefranche à Sauvança).

Le *tellure* natif a été signalé, dans une seule localité, aux environs d'Entraygues par M. Marcel-de-Serres.

Il nous reste, pour compléter cette revue sommaire des gîtes métallifères de l'Aveyron, à indiquer les minerais qui affectent une disposition autre que celle des filons. Roches métallifères.

Les *roches métalliques* peuvent se diviser en deux classes :

Les roches *originairement métallifères*,

Et les roches *métallifères métamorphiques*.

Chacune de ces classes peut d'ailleurs se diviser en deux groupes comprenant, l'une les roches d'origine ignée, l'autre les roches sédimentaires ; de sorte que la série des roches métallifères comprendrait quatre termes distincts :

1° Roches originairement métallifères, plutoniques ;

2° *Id.* *id.* sédimentaires ;

3° Roches métamorphiques ou accidentellement métallifères, plutoniques ;

4° Roches métamorphiques ou accidentellement métallifères, sédimentaires.

La distinction des gîtes appartenant à ces divers groupes n'est pas toujours facile ; quant à leur mode de formation, bien qu'il soit caractérisé par des circonstances variables, il se rattache toujours à la même cause première ; les émanations métallifères.

Je vais indiquer sommairement, comme je l'ai fait pour les filons, les principales roches métallifères observées dans l'Aveyron, en ayant soin de rapporter ces roches aux quatre groupes que je viens d'indiquer tout à l'heure.

Roches plutoniques originairement métallifères.

Les *roches éruptives originairement métallifères* sont peu nombreuses, si l'on ne désigne sous cette dénomination que celles dans lesquelles la matière métallique, uniformément disséminée dans la masse, fait partie intégrante et congénère du terrain. A ce point de vue, nous ne devrions ranger dans cette classe que les trois roches suivantes (1) :

1° *Diorites* du plateau de Sonnac contenant une assez forte proportion de fer oxydulé titanifère ;

2° *Basaltes* répandus sur une grande partie du département, principalement dans la région N. et N.-E., et imprégnés de fer oxydulé en proportion assez grande pour les rendre magnétiques ;

3° *Serpentines* des environs de Najac, d'Arvieux et de Firmy, également imprégnées de fer oxydulé.

Peut-être devrait-on comprendre encore dans cette classe plusieurs roches plutoniques dans lesquelles la matière métallique existe en grains isolés, ou en petites veinules plus particulièrement concentrées dans certaines portions de la masse, en vertu soit des affinités, soit des phénomènes électro-chimiques ou magnétiques. Mais comme l'on sait que l'action métamorphique peut aussi produire les mêmes effets, nous préférons rejeter les roches qui nous ont offert ces caractères, dans la classe des roches plutoniques métamorphiques ou accidentellement métallifères.

Le tableau suivant fera connaître la nature et le gisement de celles de ces roches que j'ai eu l'occasion d'observer.

---

(1) Bien que la matière métallique, qui entre dans la composition de ces roches, soit en proportion assez notable ; la valeur intrinsèque de cette matière est trop faible pour que l'on puisse la considérer comme de véritables minerais métalliques, utilement exploitables,

1° Les diorites du plateau de Sonnac présentent, aux environs de Mitou, quelques grains de pyrite cuivreuse. Ce phénomène d'imprégnation métallique ne se manifeste que dans le voisinage immédiat d'un filon de porphyre euritique, à l'influence duquel on doit sans doute l'attribuer; **Roches éruptives accidentellement métallifères.**

2° Les porphyres quartzifères de Fonserène présentent aussi, au contact du filon cuprifère dont ils forment l'encaissement, quelques mouches de pyrite cuivreuse et de pyrite de fer;

3° L'eurite compacte d'Arvieux contient également quelques grains de fer sulfuré et peut-être de pyrite arsenicale;

4° J'ai trouvé la pyrite de fer et de cuivre, en grains disséminés dans les amphibolites des environs de la Guépie, au contact des serpentines;

5° Dans l'eurite compacte de la Garde-Viaur. Ce dernier gisement, dans lequel l'eurite forme un véritable *filon injecté*, devrait sans doute être réuni à la classe des roches éruptives originairement métallifères;

6° Dans certains cas, la matière métallique, au lieu de rester isolée et de former dans la roche des grains distincts, s'est combinée avec divers éléments de la roche elle-même, de manière à donner naissance à des produits nouveaux, tels que le grenat, l'amphibole, la pyroxène qui, sans conserver l'aspect métallique, contiennent cependant une assez forte dose de métal, et peuvent être considérés comme l'indice certain de l'action métamorphique.

Ce phénomène se fait remarquer surtout au voisinage des serpentines. Les diorites et les amphibolites grenatifères d'Arvieux, de Laubarède, près Firmy, des bords de la Serène, nous en fournissent de beaux exemples.

Les minerais métalliques existent bien plus fréquem-

ment, à l'état d'*élément congénère*, dans les roches sédimentaires que dans les roches massives; leur présence, du moins, y est plus facile à constater, soit à cause de la diffusion plus égale du minerai, soit à cause de sa plus grande abondance.

Roches stratifiées originairement métallifères.

La matière métallique peut avoir été introduite dans les roches sédimentaires, au *moment de leur formation*, de deux manières différentes. Cet élément peut avoir été directement fourni par les émanations souterraines qui se mêlaient aux produits de la sédimentation, au fur et à mesure de leur dépôt; mais il se peut aussi qu'il provienne quelquefois du remaniement d'autres matières métalliques préexistantes. De là deux sortes de dépôts neptuniens métallifères distincts par leur origine, puisque les premiers auraient une origine mixte, mi-partie neptunienne, mi-partie plutonique, tandis que les seconds sont exclusivement neptuniens. Dans l'impossibilité où l'on est quelquefois de distinguer ces deux sortes de dépôts, comme aussi pour éviter une trop grande complication dans le classement des matières métallifères, nous réunirons dans une même classe, sous le nom de *roches stratiformes originairement métallifères*, toutes les roches sédimentaires dans lesquelles la matière métallique a été introduite *au moment même de leur dépôt*, que cette introduction ait eu lieu en vertu de phénomènes éruptifs ou aqueux.

Nous considérerons, au contraire, comme *roches stratiformes accidentellement métallifères*, toutes celles dans lesquelles l'élément métallique a été introduit après coup par voie métamorphique, *postérieurement à leur dépôt*.

Roches stratiformes [illegible]ement [illegible]s.

Le fer est le seul métal que j'ai trouvé dans les terrains stratifiés de l'Aveyron formant partie intégrante et congénère du terrain. Il s'y trouve à l'état de fer sulfuré, de fer oxydé, de fer hydraté et carbonaté.

Le tableau synoptique suivant indique les principaux gîtes qui nous ont paru appartenir à cette classe.

ROCHES métallifères.	LOCALITÉS.	MATIÈRE MÉTALLIQUE observée dans la roche.
Schistes pyriteux et alumino-pyriteux, subordonnés aux terrains anciens.	A Coursavy, près Grandvabre.	Pyrite de fer.
	A la Caze, près Broquiès. . . .	Pyrite de fer un peu cuprifère (Bl.)
Schistes alumino-pyriteux subordonnés au terrain cambrien.	A Curvalle. . . . . Plaisance. . . . . la Baume, près Sylvanez. . . Au Caylus, près Coupiac. . . . Roque-Cozière.	Pyrite.
Fer carbonaté des houillères en couches régulières et puissantes.	Serous. . . . . Combes.	Fer carbonaté.
Grès infraliasique ferrugineux (arkose ferrugineuse).	A Las Fargues, près Lunel. . . Tenson, près Sonnac. . . . . Lieucamp, près Sonnac. . . . Au Bousquet, près Goutrens. . A Combelouillouse. . . . . Moulières, près Lunel.	Fer oxydulé.
Calcaire pyriteux du lias.	A Saint-Clément, près Saint-Rome-de-Tarn.	Pyrite de fer en cristaux disséminés.
Couches ferrugineuses de l'oolite inférieure.	A Sangayrac, près Montbazens. la Garénie, près Montbazens. Aubignac, près Rignac. . . . . Veuzac, près Villefranche. . Saint-Igest. . . . . Cazac.	Fer hydroxydé et carbonaté.

N. B. Je ne cite que les lieux où la couche métallifère est assez chargée de fer pour constituer un véritable minerai métallique, mais l'on retrouve presque partout à la même hauteur géologique un calcaire ferrugineux qui, sans être exploitable, contient cependant une très-notable proportion de fer.

Oolite ferrugineuse de l'oxford-clay.	A Mondalazac. . . . . Espeyrous. . . . . Muret. . . . . la Goudalie. . . . . la Vayssière. . . . . Saint Antonin. . . . . Salles. . . . . Solsac.	Fer hydrocarbonaté.
Couches pyriteuses et pyrito-alumineuses de l'oxford-clay.	A Muret. . . . . Salles. . . . . Saint-Georges. (1)	Pyrite de fer.

ROCHES métallifères.	LOCALITÉS.	MATIÈRE MÉTALLIQUE observée dans la roche.
Couches ferrugineuses du terrain tertiaire moyen.	Aux contrats, près Flagnac. . . Au château de Gironde, *id*. . . . A la Borie-de-Pagas, près la Bessenoits.	Fer hydroxydé compacte, parfois un peu sablonneux, en plaquettes et couches minces irrégulières.
Marnes tertiaires avec minerai en grains disséminés.	A Pomel. . . . . Aubignac.	Fer hydraté en globules arrondis.
Dépôts superficiels de minerais en grains et brèches ferrugineuses.	A Montbazens. . . . . Bozouls. . . . . Sur presque toute l'étendue du plateau calcaire de Concourès. . . . . Sur le plateau oolitique de Villeneuve et Naussac.. . . Aux environs d'Olonzac, etc. .	Grains arrondis, de peroxyde et d'hydrate de fer, paraissant le plus souvent provenir de la décomposition et du remaniement des oolites ferrugineuses enclavées dans le terrain jurassique.

(1) On trouve presque toujours, immédiatement au-dessus de l'oolite ferrugineuse que je viens d'indiquer, et dans les mêmes localités, une couche de marnes calcaires grises, dans les affleurements desquelles la présence de la pyrite se manifeste par des efflorescences abondantes de sulfate de fer et d'alun. Cette couche, plus constante dans son allure, que l'oolite ferrugineuse se trouve à la même hauteur géologique dans tous les bassins jurassiques de l'Aveyron. A Lavenças et Saint-Georges, entre Saint-Affrique et Millon, cette couche a donné lieu à un commencement d'exploitation ayant pour but la fabrication du sulfate de fer (vitriol vert) et de l'alun.

Roches stratifiées accidentellement métallifères.

On conçoit que les vapeurs métalliques émanant des foyers éruptifs, et trouvant dans la stratification, dans la nature même de certaines roches, une facilité de pénétration plus grande, se soient portées de préférence sur ces couches, qu'elles auront imprégnées jusqu'à une distance assez considérable des parois des filons.

Les couches métallifères ainsi produites sont celles que nous avons désignées sous le nom de *roches stratifiées accidentellement métallifères*, ou métamorphiques; les vapeurs métalliques injectées dans ces roches ont pu, ou s'y condenser en grains isolés distincts, simplement mélangés avec les éléments de la roche, ou se combiner avec quelques-uns de ces éléments.

ROCHES métallifères métamorphiques.	LOCALITÉS.	ÉLÉMENT métallique.
Gneiss et schistes micacés, imprégnés de fer oxydulé.	A Combenègre. Aux environs du Pas. Au Puech de Morlhon (S.). A Montalègre, près Lugan (au contact d'une masse de mélaphyre).	Fer oxydulé.
Gneiss et schistes pyriteux.	A Grandvabre, près d'un filon d'eurite. Saint-Projet, près d'un filon d'eurite. Au pont de Tanus, au voisinage d'un filon de pyrite cuprifère.	Pyrite de fer.
Gneiss et schistes grenatifères.	A la Légrie, au contact des diorites. Drulhes, au voisinage des diorites. Laubarède, au voisinage des serpentines. Arvieux, *id.* Najac. *id.* Salan. la Guépie.	Silicate de fer et de manganèse.
Schistes cambriens pyriteux.	A Fouscrène.	Pyrite de fer.
Schistes cambriens imprégnés de galène.	A Valazobres.	Plomb sulfuré.
Schistes cuprifères du trias.	A Saint-Juéry. Aux Tourettes. A Rufepeyre. A la Roque, près Valady.	Cuivre sulfuré et carbonaté.

§ II. *Énumération des produits et des phénomènes géologiques se rattachant à la production des gîtes métallifères.*

Roches éruptives.

Les divers phénomènes de soulèvement et de dislocation dont nous trouvons les traces sur toute la surface du département, dans tous les terrains qui en constituent le sol, ont eu pour effet immédiat, nous pourrions même dire pour cause, l'éruption de roches plutoniques très variées :

Ces sont : des granites, des diorites et syénites, des porphyres quartzifères, des porphyres euritiques, des mélaphyres, des amphibolites, des serpentines et des basaltes.

L'éruption de ces roches a donné lieu à des émanations de gaz ou de vapeur.

Roches anormales non métallifères régulièrement stratifiées.

Il y a des roches *stratifiées non métallifères* dont le dépôt paraît s'être effectué sous l'influence combinée de ces émanations souterraines et de la sédimentation ; ce sont :

1° Les dépôts gypseux des marnes irisées ;

2° Les arkoses siliceuses et les mimophyres des grès infrâliasiques ;

3° Plusieurs couches de dolomie très-communes dans le lias.

Roches stratifiées métamorphiques, non métallifères.

Les éléments minéraux qui caractérisent ces couches anormales des terrains stratifiés, sont les mêmes que l'on trouve encore accidentellement introduites par voie de métamorphisme dans les mêmes terrains.

Roches métamorphiques stratifiées.

Des *infiltrations siliceuses* se montrent fréquemment dans les gneiss et les schistes talqueux ou micacés, au voisinage des roches porphyriques, des filons métalliques ou pierreux, et même des simples failles ; la portion de silice devient quelquefois telle, qu'elle semble exclure tous les autres éléments de la roche, et celle-ci passe alors à ces quartzites schistoïdes que l'on voit sur le plateau schisteux du Segala se dresser sous forme de pitons coniques ou de dykes à crêtes aiguës et dentelées. Les roches de Miramont, de l'Espinassole, du Puy-de-Rouet, de Bar, du Puech, de la Barbarie, de Castelpers ; le roc de Kaïmar, dans les terrains de gneiss et de schistes talceux ou micacés ; les crêtes siliceuses de Roquecezière, de Roqueféral, de Rostes, dans les schistes cambriens, sont les exemples les plus saillants de ces infiltrations siliceuses, que l'on trouve d'ailleurs, mais dans de moindres proportions, sur une foule d'autres points. Les quartzites et les grès silicifiés présentent très-fréquemment des traces d'oxyde de fer.

Les *gypses et les dolomies* produits par voie de mé-

tamorphisme se trouvent dans des conditions de gisement identiques et sont évidemment les uns et les autres le résultat des mêmes phénomènes qui ont déchiré le sol des plateaux jurassiques. L'action de ces phénomènes se manifeste surtout, dans le bassin central, où les ébranlements du sol contemporains du soulèvement des Pyrénées ont produit de nombreuses failles, remarquables par leur continuité sur d'immenses étendues et par l'amplitude des rejets qu'elles ont produit dans les terrains (1). C'est au voisinage immédiat de ces failles que se montrent les dolomies métamorphiques, tantôt sablonneuses, tantôt massives, si communes sur le Plateau jurassique central, dolomies quelquefois accompagnées comme à Onet de minerai de fer. **Gypses et dolomies métamorphiques.**

Le gypse jadis exploité à *la Bosque*, près de Clairvaux, dans les marnes infràliasiques; celui que l'on trouve près de *Solsac-Vieux* en petits cristaux disséminés dans les marnes de l'oolite inférieure, sont également en relation directe avec ces mêmes failles; et l'on ne peut s'empêcher d'attribuer leur formation aux causes qui ont produit les dolomies des mêmes localités, à l'influence métamorphique des émanations souterraines. Le gypse de la Bosque se trouvant au même niveau géologique que celui des environs de Saint-Afrique, l'on serait de prime abord porté à la considérer comme représentant la formation gypseuse si développée dans le sud du département, et faisant par conséquent partie intégrante et congénère du terrain. Mais diverses considérations me portent néanmoins à

(1) Plusieurs de ces failles, dont l'étude offre un vif intérêt, peuvent être suivies sans interruptions sur une longueur de 25 à 30 kilomètres : les rejets de couches qu'elles ont produit atteignent quelquefois le chiffre de 2 à 300 mètres.

n'y voir, de même que dans les cristaux gypseux de Solsac-Vieux, qu'un accident métamorphique local. Parmi ces considérations, les principales sont :

1° L'irrégularité et l'isolement de la masse gypseuse dont on ne trouve presque plus vestige aujourd'hui ;

2° La proximité d'une des principales failles du système pyrénéen ;

3° La présence de la chaux sulfatée anhydre (anhydrite), indice très-probable d'une origine vulcanique.

« Le gypse, dit M. Dufrénoy (*Ann. des mines*, 2ᵉ sér., » t. V, p. 195), qui a visité ce gisement, le gypse est » saccharrin assez dur et ne contient pas la quantité » d'eau propre à la chaux sulfatée, ce qui fait présumer » qu'il est en partie à l'état d'anhydrite. »

DEUXIÈME PARTIE.

ÉTUDE DES PRINCIPAUX DISTRICTS MÉTALLIFÈRES.

Bien qu'ils se trouvent répandus sur presque toute la surface du département, de manière à démontrer par leur extrême diffusion la généralité des phénomènes auxquels ils sont dus, les gîtes métallifères de l'Aveyron sont néanmoins réunis en groupes plus serrés dans divers points, formant ainsi un certain nombre de districts métallifères sur lesquels nous arrêterons successivement notre attention.

Ces districts, au nombre de cinq, nous fourniront le sujet d'autant de chapitres distincts; nous les étudierons dans l'ordre suivant :

1° District métallifère de Najac ;
2° — de Villefranche :
3° — d'Asprières ;
4° — de la vallée du Tarn ;
5° — de la Barre et Corbières.

1° *District de Najac.*

Le district de Najac, contigu à celui de Villefranche, avec lequel il a d'ailleurs une très-grande analogie sous le rapport de la multiplicité et de la nature des gîtes métalliques, ne saurait être délimité d'une manière bien précise. J'ai réuni dans ce district tous les filons compris dans la zone métallifère des bords de l'Aveyron, depuis la Guépie jusqu'à Monteils. Essayer de décrire un à un ces filons qui, pour la plupart, ont déjà été décrits par M. Fournet, ce serait entreprendre un travail aussi monotone qu'inutile.

Constitution géologique. Le granite, le gneiss, les amphibolites, les serpentines et quelques roches euritiques rares forment la charpente minérale de ce district.

Granite. Le granite est à grains moyens; mica noir; feldspath orthose blanc lamelleux; quartz hyalin gris; quelques parties affectent la disposition porphyroïde. Il contient des amas et filons subordonnés de granite à grains fins et de leptynites.

Gneiss. Le gneiss s'appuie au sud et à l'ouest sur le granite; son grain est généralement fin, sa structure serrée, sa stratification tourmentée accuse de nombreuses et violentes dislocations, que confirment d'ailleurs le plus souvent les caractères métamorphiques du terrain, et la présence de roches anomales et de filons injectés.

Le granite forme la partie haute et centrale de l'isthme primitif, tandis que le gneiss forme sur son revers occidental une bordure étroite dans l'épaisseur de laquelle est creusé le vallon abrupte qui sert de lit à l'Aveyron, depuis Monteils jusqu'à la Guépie. C'est dans cette bordure schisteuse que se trouvent plus particulièrement concentrés, quoique d'une manière non

exclusive, les roches éruptives et les filons métalliques.

Plus loin vers l'ouest, on voit le terrain primitif disparaître sous des dépôts sédimentaires qui correspondent aux formations du trias et du terrain jurassique.

Roches éruptives. Les roches éruptives de ce district appartiennent presque exclusivement au groupe serpentineux; et si dans quelques points on voit des masses d'apparence euritique, comme au pont de la Fréglaire-sous-Najac, à Corbières, ces masses elles-mêmes se rapprochent beaucoup, ainsi que l'a fait remarquer M. Fournet, des serpentines proprement dites. Celles-ci se montrent sur plusieurs points : sous le hameau de Cassagnes, un peu en aval de Najac, elles constituent une masse puissante, qui forme sur une assez grande longueur les deux berges de la vallée de l'Aveyron. Un peu plus loin vers le sud, on les retrouve dans la vallée de la Serène, sous le village de la Légrie et dans tout l'intervalle compris entre ces deux points; sa présence se révèle, soit par de nombreux boutons éruptifs, soit surtout par les caractères métamorphiques des gneiss fortement imprégnés d'amphiboles et de grenats. Les serpentines se montrent encore sur divers autres points, notamment aux environs de Monteils, de Mas del Puech, de la Guépie.

Relation des serpentines avec les roches amphiboliques et grenatifères. Elles sont constamment accompagnées d'amphibolites et de diorites grenatifères, et leur liaison avec ces roches est telle, que l'on peut presque toujours conclure avec certitude de la présence des amphibolites à la proximité des serpentines, et réciproquement.

Cette association constante de roches si disparates, si distinctes par leur composition, par leurs caractères physiques et chimiques, m'avait depuis longtemps

frappé ; et, tout en la constatant, j'éprouvais une grande difficulté à m'en rendre compte.

La lecture du beau mémoire de M. Delesse sur les serpentines des Vosges (*Annales des mines*, t. XVIII, 4ᵉ sér., p. 309) m'a semblé pouvoir donner la clef de ce phénomène. Ne pourrait-on pas, en effet, supposer que la formation des grenats et de l'amphibole, dans les roches encaissantes (schistes et gneiss), est le résultat de l'influence métamorphique que l'injection des serpentines a dû exercer sur ces roches? M. Delesse a montré que dans les serpentines des Vosges, comme dans celles de l'Aveyron, les minéraux disséminés dans la pâte des serpentines, le fer chromé et oxydulé, la pyrite de fer, la chlorite, le diallage, sont plus magnétiques et surtout plus riches en fer que les minéraux disséminés à l'état de filons et d'amygdales, comme le chrysotil, la serpentine noble, la némalite, la brucite, le carbonate de chaux.

Il semble donc que la puissance magnétique de la roche injectée peut exercer une influence sur la nature des minéraux hétérogènes produits dans sa masse par infiltration ou par toute autre cause. N'est-il pas dès lors naturel de penser que cette *influence magnétique transmissible à distance a dû s'exercer non-seulement dans la roche plutonique elle-même, mais encore dans les masses minérales contiguës?* La concentration des minéraux magnétiques produits par voie de métamorphisme dans les roches encaissantes, au contact d'une roche éruptive magnétique elle-même, serait alors une conséquence bien naturelle de cette influence. Dans les expériences de laboratoire, on facilite la combinaison de deux éléments chimiques en les mettant en présence d'un troisième corps qui a de l'affinité pour le

composé que l'on veut produire ; l'influence des roches magnétiques éruptives sur la création des minéraux métamorphiques magnétiques serait la reproduction en grand d'un phénomène analogue, d'une force d'affinité semblable.

Les roches serpentineuses du district de Najac ne présentent dans leur composition rien de particulier ; elles sont généralement compactes, homogènes, de couleur verte plus ou moins foncée, présentant assez fréquemment ces variations de nuances auxquelles elles doivent leur nom.

L'on ne remarque aucune symétrie dans la distribution des serpentines : elles sont irrégulièrement disséminées sur presque toute l'étendue de cette longue bande schisteuse qui court de la Guépie à Villefranche, dans la direction N. 21° E., formant la bordure occidentale du plateau granitique de Sauvança.

Eurites. La même disposition se fait remarquer dans les porphyres euritiques de ce même district, avec cette différence que les eurites, au lieu de former des amas éruptifs semés en quelque sorte au hasard sur toute l'étendue de la bande schisteuse dont nous avons parlé, ne se montrent qu'à l'extrême limite de cette bande, sur la ligne de séparation des terrains primitifs et des terrains sédimentaires où ils semblent former un immense filon, limite dont on voit poindre les affleurements, de distance en distance, à Najac, aux Bastits, à Corbières, à Combetton, à Monteils.

En avançant vers le nord, l'on voit les caractères des eurites se dessiner plus nettement à mesure que l'on s'approche du massif porphyrique des environs de Villefranche, dont cette longue traînée d'affleurements euritiques n'est peut-être qu'une ramification.

Les rapports des eurites avec les filons métallifères ne sont point aussi marqués que ceux des serpentines. Néanmoins, l'on voit le filon du pont de la Frégeaire pénétrer en se ramifiant dans l'eurite, et près de la Garde-Viaur, cette même roche constitue un filon régulier imprégné de pyrite, en contact presque immédiat avec le filon métallifère de Pradines.

Un tableau synoptique résumant les principales conditions de gisement, l'allure et la position géologique des gîtes étudiés, suffira pour nous faire apprécier les lois générales de leur formation.

Explication du tableau synoptique.

La première colonne du tableau contient les numéros d'ordre de chaque filon; ces numéros sont les mêmes qui indiquent la position des filons dans les cartes jointes au mémoire.

Dans la deuxième colonne se trouve la désignation des filons, l'indication des lieux où ils ont été observés, ou le nom sous lequel ils sont connus dans le pays. Un signe particulier, placé à droite de la même colonne, fait connaître ceux de ces gîtes qui ont été ou qui sont encore l'objet de travaux d'exploitation ou de recherche.

Le signe → indique les travaux récents d'exploitation ou de recherche.

Le signe ⇸ indique les travaux anciens abandonnés.

Les troisième, quatrième et cinquième colonnes, destinées à faire connaître les conditions de gisement, indiquent : 1° la nature des roches encaissantes; 2° la direction des filons; 3° leur inclinaison. Les directions sont données en degrés et en heures; la première de ces indications permet de mieux préciser les directions observées; la seconde fait mieux ressortir les rapports

qui, sous ce point de vue, peuvent exister entre les filons.

Dans les sixième et septième colonnes sont réunies quelques données sur la composition des gîtes métallifères, sur les matières minérales, pierreuses ou métalliques, qui constituent ces gîtes.

Une dernière colonne présente enfin, sous le titre d'*observations*, les faits qui n'ont pu trouver place dans les sept premières.

Nos d'ordre.	Désignation des filons et lieux d'observation.	Gisement. Roche encaissante.	Direction en degrés.	Direction en heures.	Inclinaison.	Minéraux constituants. Gangues.	Minerais.	Observations.
1	Soulages et Pradines. +	Gneiss et sch. micacé.	O. 23° N.	7 1/2	presque vertical.	Quartz.	Galène, pyrite cuivreuse, fer spathique.	
2	La Sarrie et le Poutal.	Granite.	N. 78 à 80° O.	7	65° N. 40° E.	*Id.*	Cuivre carbonaté.	
3	La Planque, près la Bruguière.	*Id.*	O.-N.-O.	7 1/2	Variable.	*Id.*	Cuivre carbonaté et pyriteux.	
4	Piebiguet, filon de la Serène. →	Gneiss et schistes micacés.	N. 78 à 80° O.	10 à 11	»	*Id.*	Cuivre carbonaté et pyriteux, pyrite cuivreuse, cuivre sulfaté, galène, plomb carb., blende bournonite, fer carbonaté.	
5	Piebiguet, filon Prox. . . →	*Id.*	N. 37° O.	10	»	Quartz et chaux carbonatée.	Pyrite cuivreuse et ferrugineuse, galène, fer spathique.	(1)
6	Piebiguet, filon Jacques. →	*Id.*	N. 36° O.	10	»	»	Mêmes minerais, plus rares.	
7	Piebiguet, filon du Puits. →	*Id.*	N. 18° O.	10	»	»	»	
8	Maillors.	Diorite.	N.-O.	9	»	*Id.*	Cuivre pyr., bournonite, blende, fer spath. très-abondant, galène rare, malachite.	(2)
9	Cassagnes. . . . . . . →	Serpentine.	irr., E.-O.	6	»	*Id.*	Fer spathique, galène, pyrite cuivreuse.	
10	Ferragut. . . . . . . →	Serp. au mur, schistes micacés au toit.	O. 15° N.	7	»	Quartz hyalin, calcédoniens.	Fer spathique, pyrite cuivreuse.	
11	La Croisille.	Infralias.	Indéterm.	»	Indéterm.	»	Zinc carbonaté.	
12	La Bastit. . . . . . . +	Gneiss et micaschistes.	N. 40° O.	9	Plonge à l'E. 40 N.	»	»	
13	La Bessière. . . . . +	*Id.*	N. 45° O.	9	»	Quartz saccharoïde et jaspe.	Cuivre métallique et pyriteux, plomb vert, bournonite, galène et blende.	(3)
14	Mas de Cadène.	*Id.*	N.-O.	9	»	Quartz sacch. rubané.	Hématite.	
15	Pont de la Frégeaire. .	*Id.*	N.-O.	9	»	Quartz saccharoïde.	Cuivre pyr., plomb phosphaté et carbonaté.	
16	L'Espanié.	*Id.*	O.-N.-O.	7 1/2	85° N N.E.	*Id.*	Cuivre carbonaté vert et bleu, cuivre pyriteux, plomb jaune et carbonaté.	(4)
17	Corbières. . . . . . . +	*Id.*	N. 78 à 80° O.	7	60° N. 10 E.	Quartz.	Galène, cuivre carbonaté.	(5)
18	Coubettes.	*Id.*	»	»	»	»	»	
19	Falgayroles. . . . . . +	*Id.*	N. 78 à 80° O.	7	58° N. 40° E.	*Id.*	Cuivre carbonaté vert et bleu, pyrite cuivreuse, cuivre gris.	(6)
20	Sillors.	*Id.*	»	»	»	»	»	
21	Couraux et la Feuillade.	Gneiss, sch. et granite.	N. 35° O. à N. 45° O.	8 à 9	»	*Id.*	Manganèse oxydé et silicaté.	(7)
22	Long-Col.	Gneiss et schiste. . .	O.-N.-O.	7	»	*Id.*	»	
23	Sautou. . . . . +	Lias, grès inférieurs.	O. 30° N.	8	60° N. 30 E.	Quartz, baryte sulf.	Pyrite cuivr., cuivre carbonaté et silicaté.	

(1) Les filons Jacques et Prox ne sont que deux portions du même filon, dont la direction moyenne est O. 40° N.
(2) C'est le filon le plus riche en fer spathique; il a 2 mèt. de puissance.
(3) Il y a à la Bessière 2 filons : l'un chargé de blende et l'autre cuprifère.
(4) 2 à 3 mètres de puissance.
(5) Puissance : 2 mètres.
(6) Vieux travaux. Puissance : 3 à 8 mètres.
(7) 3 à 5 mètres d'épaisseur.

Résumé.

Tous les gîtes de ce district consistent en filons habituellement bien réglés, caractérisés par une gangue de quartz à éclat gras, très-rarement associée à la baryte sulfatée ; par la présence de carbonates terreux ou métallifères ; par la variété des minerais métalloïdes ; par la cristallinité de ces mêmes minerais, et par les blendes lamelleuses et les galènes à larges facettes ; par l'abondance des matières cuprifères qui se retrouvent dans tous les filons presque sans exception, et forment même souvent l'élément métallique dominant.

Si l'on juge de l'allure générale d'après celle des filons explorés, le minerai, bien que disséminé assez régulièrement, formerait des massifs de richesse variable, disposés en colonnes. La teneur métallique de quelques minerais est très-considérable ; ils contiennent souvent de l'argent en forte proportion.

La direction des filons de ce district varie de hora 7 à hora 10.

Le plongement est toujours vers le N.

La roche encaissante est presque toujours le gneiss ou les schistes micacés et talqueux ; mais l'on voit aussi quelques filons pénétrer dans le granite, dans les diorites et les serpentines. Plusieurs paraissent s'arrêter à la ligne de séparation des gneiss et du trias. On en voit néanmoins deux pénétrer jusque dans les couches du lias et de l'infralias, à Santou et à la Croisille.

Les serpentines abondent dans ce district, et tout porte à croire que les émanations métalliques condensées dans les filons n'ont point d'autre source. Les dislocations produites par l'éruption de ces roches sont généralement dirigées vers le N. O. ou le N. 40° O., direction qui diffère peu de l'orientation moyenne des filons.

Il n'existe, à ma connaissance, ni source minérale

ni minerai en couches dans ce district, mais on y trouve quelques roches massives métallifères; les serpentines de la Guépie contiennent des mouches de pyrite cuivreuse, et l'on voit au-dessous de Pradines un filon injecté d'eurite, imprégné de pyrite de fer.

Les roches métamorphiques abondent aussi dans le voisinage des masses éruptives; elles consistent surtout en diorites et en gneiss amphiboliques et grenatifères.

2° *District métallifère de Villefranche et de la Bastide.*

Peut-être devrions-nous voir dans le district métallifère de Villefranche moins un district nouveau que le prolongement de celui que nous venons de décrire, et auquel il se rattache tant par sa position que par ses caractères géologiques. Ce sont encore, en effet, les mêmes accidents topographiques, les mêmes roches constituantes, et dans les filons métallifères on retrouve aussi les mêmes gangues, les mêmes minerais, dans des conditions presque identiques de gisement. La principale différence existe dans les roches éruptives. Ces roches sont encore, comme dans le district de Najac, des serpentines et des porphyres euritiques, mais leur proportion relative est bien différente.

La distribution des gîtes métallifères ne présente rien de régulier : leur gisement ne paraît astreint à aucune loi géologique bien fixe; du reste, l'inspection du tableau suivant, dont le cadre est le même que celui de la page 495, fera mieux connaître que tous les détails que nous pourrions donner à cet égard les conditions générales de gisement et de composition.

District métallifère de VILLEFRANCHE.

N° d'ordre	Désignation des filons et lieux d'observations.	Roche encaissante.	Direction en degrés	Direction en heures	Inclinaison	Minéraux constituants. Gangues.	Minéraux constituants. Minerais métallifères.	Observations.
24	Farayroles.	Granite.	O.-N.-O.	7 1/2	Verticale.	Quartz.	Plomb phosphaté.	
25	Filon des Oubax.	*Id.*	O. 35° N.	6	»	*Id.*	Manganèse oxydé.	
26	Testas-Veza.	Granite et gneiss.	O. 20° N.	7 1/4	»	*Id.*	Malachite.	
27	Le Périé.	*Id.*	O.-N.-O.	7 1/4	»	*Id.*	»	
28	Les Millets.	Gneiss.	E. 10° N.	6	80° N. 10° O.	*Id.*	»	
29	Laurière. +	Porphyre quartzifère.	N.-O.	9	»	Quartz et baryte sulfatée, chaux carb.	Galène et peroxyde de manganèse.	
30	La Vergnole. →	Schistes et gneiss.	N.-O.	9	»	Quartz haché.	Blende, plomb phosphaté jaune.	
31	Cantagrel. +	Schistes et granites.	N.-O.	9	»	Quartz et baryte sulfatée.	Bournonite, galène, blende, plomb phosphaté, sulfaté et carbonaté.	
32	Mas del Puech.	Eurites.	Indéterm.	»	»	»	Fer oxydulé et hydraté.	
33	Savança.	Granite.	N.-O.	9	»	Quartz.	»	
34	Borne n° 12.	*Id.*	N.-O.	9	»	Quartz rubané haché.	»	
35	Le Cluzel. +	Schistes et gneiss.	Indéterm.	»	»	Quartz.	Galène.	
36	La Fage. +	*Id.*	»	»	»	»	»	
37	Vialelles. +	Granite.	»	»	»	Quartz saccharoïde.	Galène argentifère.	
38	Gourniés. +	Schistes et gneiss.	N.-O.	9	»	Quarz grenu cristallin.	Galène, nickel arsenical.	
39	Les Pesquiés. →	Schistes micacés μ.	N.-E	3	70° S.-E.	Quartz saccharoïde grenu.	Galène argentifère, cuivre pyriteux, blende, plomb vert.	
40	Déviation du même.	Schistes eurites.	E.-O.	6	»	»	»	
41	Borne n° 5.	Schistes et gneiss.	N.-O.	9	75° N.-E.	Quartz saccharoïde.	Plomb vert.	
42	Autre du même lieu.	*Id.*	»	»	»	Quartz hyalin laiteux.	Pyrite sulfureuse et arsenicale.	
43	Maladrerie. +	Sch. métamorph. μ.	N. 40° O.	9	»	»	»	
44	Autre du même lieu.	*Id.*	E. 10° N.	6	»	Quartz.	Galène, blende.	
45	Tournant de la Roque. +	*Id.*	N.-O.	9	»	Quartz saccharoïde grenu, baryte sulf.	Hématite, galène, pyrite cuivreuse, plomb vert.	
46	Peyremorte.	»	»	»	»	Quartz.	Plomb vert.	
47	Macarou. +	*Id.*	Indéterm.	»	»	Quartz, baryte sulf.	Plomb et galène.	
48	Combenègre. +	Sch. mic. grenatifères	»	»	»	Nulle.	Fer oxydulé.	
49	St-Jean (Calvaire). +	Schistes et gneiss.	N.-N.-O.	10 1/2	E.-N.-E.	Quartz.	Galène.	
50	Bouscau. +	Schistes et eurites.	»	»	»	*Id.*	Galène.	
51	La Baume, près Villefranche. +	*Id.*	N.-O.	9	»	Quartz saccharoïde.	Galène, pyrite cuivreuse, bournonite, plomb phosphaté jaune.	
[illegible]	[illegible]	»	»	»	»	Quartz.	Galène.	

						fatée, chaux carbonatée.	naté et phosphaté, fer carbonaté, manganèse oxydé.
56	La Treille.	?	?	»	»	?	Galène, cuivre gris (S).
57	Mas de Bouyssou. . . .	Micachiste, porphyre.	N.-O.	9	»	Quartz saccharoïde, baryte carbonatée.	Galène, plomb carbonaté et phosphaté.
58	Campels. . . . . ;	Schist. et porphyres.	»	»	»	»	Fer spathique, manganèse oxydé.
59	Cantelouve.	Id.	»	»	»	»	Id.
60	Aymérits.	»	»	»	»	»	»
61	Phalips. . . . . →	Id.	»	»	»	Quartz.	Cuivre pyriteux, fer carbonaté.
62	Gaudiés.	»	»	»	»	»	Cuivre gris et pyriteux.
63	La Bessière. . . . . ‡	Id.	Indéterm.	»	»	Quartz haché et agatoïde.	Cuivre gris et pyriteux, blende, galène argentifère.
64	Vialardet. . . . . . , ‡	Schistes et eurites. . .	Id.	»	»	Quartz haché et jaspé.	Cuivre gris et pyriteux, blende.
65	La Baume, près de la Bastide. ‡	Schistes micacés. . .	Id.	»	»	Id.	Galène, plomb phosphaté, blende ferrugineuse.
66	Las Serres. . . . . . ‡	Id.	Id.	»	»	Quartz haché.	Pyrite cuivr., cuivre carbonaté, galène.
67	Penevayre. . . . . . ‡	Schistes et eurites. .	»	»	»	»	Galène argentifère.
68	La Pale. . . . . ‡	Schistes micacés. . .	Id.	»	»	Id.	Plomb argentifère et cuivre gris.
69	Réquiesta.	»	»	»	»	»	»
70	Lortal.	Granite.	»	»	»	Quartz.	Fer hydraté, galène.
71	Lesterie.	»	»	»	»	»	»
72	Le Cayla.	»	»	»	»	»	»
73	Vèze.	Schistes et gneiss. . .	E.-N.-E.	4 1/2	Verticale.	Quartz avec un peu de baryte sulfatée.	Manganèse oxydé.
74	Le Mas. . . . . i	»	»	»	»	»	»
75	Negrefoil. . . . . . . ‡	Id.	Id.	4 1/2	»	»	Galène.
76	Vezis. . . . . ‡	Schistes micacés. . .	E. 15° N.	5	»	Quartz, haché, carié, géodique, jaspé.	Galène, pyrite de fer, plomb vert, plomb gomme.
78	Combret.	»	»	»	»	»	»
78	Besoous.	»	»	»	»	»	»
79	Peyrottes. . . . . . . ‡	Granite.	»	»	»	Quartz	Galène.
80	Mas del Sol.	»	»	»	»	»	»
81	Plousserques.	Id.	»	»	»	Id.	Id.
82	La Grillère.	»	»	»	»	»	»
83	Le Guial.	»	»	»	»	»	»
84	Conte. . . . . ‡	Id.	»	»	»	Id.	Id.
85	La Landelle. . . . . ‡	Id.	»	»	»	Id.	Id.
86	Toulonjac.	Terrain jurassique. .	»	»	»	»	Id.

(1) Ce gîte paraît former un amas irrégulier en colonne plutôt qu'en filon. ‖ (2) Ce filon paraît être le prolongement de Gourniés et Cantagrel.

Manière d'être des minerais métalliques.

Les minerais métalliques se trouvent en filons proprement dits; en amas ou gîtes irréguliers de forme indéterminée; en couches.

Les filons présentent pour la plupart des conditions de gisement analogues à celles que nous avons trouvées dans les filons du district de Najac, mais ils en diffèrent par quelques caractères essentiels.

Caractères distinctifs des filons de ce district.

La *gangue* dominante est bien encore le quartz, mais ce quartz est habituellement saccharoïde, grenu, haché, parfois cloisonné, âpre au toucher, et n'offre plus l'aspect gras que nous avons remarqué dans les filons du système serpentineux. La baryte sulfatée est beaucoup moins rare, et devient le satellite assez habituel du quartz, tandis que les carbonates de chaux et de fer disparaissent presque entièrement.

Des modifications correspondantes se font remarquer dans les matières métalloïdes. Ces matières sont moins variées et moins cristallines; les minerais cuprifères sont plus rares; on en trouve bien encore dans quelques filons, mais ils ne semblent plus jouer qu'un rôle secondaire. Le minerai dominant est la galène à petites facettes, finement disséminée dans la gangue quartzeuse, et fréquemment accompagnée, aux affleurements du moins, de plomb phosphaté jaune et vert. Ces minerais sont parfois très-argentifères, notamment à Pesquiès, Penevayre, Vialardet, la Pale.....

Roches encaissantes.

Les roches encaissantes sont le granite, le porphyre euritique, et surtout le gneiss et les micaschistes. Un seul filon a été signalé dans les terrains secondaires (jurassiques), à Toulonjac. L'orientation des filons affecte, comme dans le district précédent, une tendance marquée vers une direction dominante (hora 8 à 9); néanmoins, les déviations sont plus fréquentes.

Roches éruptives.

Les eurites abondent dans ce district; les serpen-

tines. au contraire, y sont excessivement rares : il y a donc une distinction non moins marquée dans la nature des roches éruptives, source des émanations métallifères, que dans la composition même des gîtes.

Les roches métamorphiques, assez communes, consistent principalement en gneiss et schistes endurcis, silicifiés, quelquefois grenatifères.

Indépendamment des minerais en filons, on trouve au pied de la falaise schisteuse une couche fort régulière de fer hydroxydé carbonaté, exploitée à Veuzac et Cazac. Cette couche, subordonnée au terrain jurassique, se trouve à la hauteur du calcaire à *gryphæa cymbrium*. **Minerai en couche.**

3° *District d'Asprières.*

La falaise primitive au pied de laquelle s'arrêtent les formations secondaires du bassin occidental, et qui nous a montré déjà, aux environs de Najac, Monteils, un si grand nombre de filons, se poursuit dans la direction déjà signalée, N. 21° E., jusqu'aux environs d'Asprières, où on la voit dévier brusquement à l'ouest, vers Lieucamp et Sonnac. De cette déviation résulte, vers l'extrémité N. de l'isthme granitique, un élargissement considérable du plateau primitif. C'est là que se trouvent principalement concentrés les filons de ce groupe. La plupart sont placés sur les flancs mêmes de la falaise ou sur le bord du plateau qu'elle supporte, dans toute la partie comprise entre Drulhes, Peyrusse, Bouillac, Sonnac et Lieucamp.

Les nombreux filons observés dans ce district appartiennent tous à la classe désignée par M. E. de Beaumont sous le nom de filons ordinaires.

Leur direction la plus habituelle est la même que nous avons déjà signalée dans les filons des districts précédents, comme le montre le tableau ci-joint, p. 505.

Composition des gîtes.

La matière composante de ces gîtes est encore la même. La galène et le plomb phosphaté vert sont les minerais dominants, mais on y trouve aussi du cuivre carbonaté, du cuivre pyriteux, de la pyrite cuivreuse, de la blende. Les gangues les plus communes sont le quartz et la baryte sulfatée : cette dernière est plus abondante que dans la plupart des autres districts.

Roches éruptives.

Les roches éruptives en connexion plus ou moins directe avec ces filons, sont le granite, les diorites, les porphyres feldspathiques, et plus rarement amphiboliques.

Parmi ces roches, le granite seul appartient à la classe des roches acidifères; encore la variété qui constitue la roche encaissante des filons de la Carsenic, la Caze, est-elle très-pauvre en grains de quartz, et se rapporte, par sa composition, aux granites leptyniques, moins anciens et moins acides que les granites communs, dans lesquels ils forment, ainsi que nous l'avons déjà vu aux environs de la Bastide, Mauron, la Vergnole, des filons et des amas éruptifs.

Les diorites du plateau de Sonnac, quoique présentant par leur caractère cristallin très-développé un caractère commun avec les roches acidifères, doivent cependant être nécessairement classés parmi les roches basiques. L'absence des grains de quartz, la nature du feldspath, que les stries signalées dans ses cristaux font rapporter aux feldspaths du sixième système, enfin la présence du fer oxydulé titanifère, preuve évidente de l'insuffisance de la silice pour la saturation complète des bases, tels sont les faits qui démontrent la nature basique des diorites.

Quant aux porphyres, leur classement ne saurait être douteux : cette roche est encore ici, comme dans la plupart des autres districts, celle dont les rapports

avec les gîtes métallifères sont les plus intimes et les plus évidents; les filons abondent presque toujours dans son voisinage, et paraissent même souvent avoir pour point de départ les centres d'éruptions porphyriques. Les grès ferrugineux de Tensou, les diorites de Paysan, imprégnées de pyrite cuivreuse au contact des porphyres, nous fournissent à la fois l'exemple et la preuve de l'influence que l'éruption de ces roches a pu exercer sur la production des minerais métalliques par voie de métamorphisme.

Ainsi se trouvent encore confirmées, du moins dans tout ce qu'elles ont d'essentiel, les conclusions auxquelles nous avait conduits l'étude des autres groupes métallifères; à savoir, la corrélation des gîtes métalliques avec les roches éruptives, et plus particulièrement avec les roches trapéennes ou basiques. Quant à leurs rapports avec les terrains sédimentaires, on ne saurait les établir avec précision, la plupart des filons se trouvant encaissés dans les roches massives ou dans les schistes cristallins; on peut néanmoins citer un petit nombre de faits tendant à prouver que la production des gîtes métallifères a eu lieu, *en partie* du moins, à une époque géologique assez moderne. Ainsi les arkôses ferrugineuses de Tensou, les grès infraliasiques imprégnés de cuivre carbonaté aux Gaillots, la calamine de l'Aiguille, près Figeac, subordonnée au calcaire liasique (1), prouvent que les phénomènes producteurs des minerais métalliques ont encore ici, comme nous l'avons déjà vu dans les districts de Najac et de Villefranche, comme nous le verrons plus tard dans le

(1) Ces deux derniers gîtes sont situés hors des limites du département, mais à une petite distance de ces limites et du district métallifère qui nous occupe.

district de Creissels, porté leurs produits jusqu'à la hauteur des terrains jurassiques.

Influence de l'éruption des roches plutoniques sur la production des minerais métalliques, soit en filons, soit en couches;

Analogie des filons de ce district avec ceux des districts précédents, et plus particulièrement avec les gîtes de la Bastide-l'Évêque;

Émission de vapeurs métallifères, prolongée jusqu'au delà de la période jurassique;

Tels sont en résumé, au point de vue multiple du gisement, de l'allure, de la composition et de l'âge, les faits saillants que ressortent de l'étude de ce district.

District métallifère des environs d'ASPRIÈRES.

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES FILONS ET LIEUX d'observations.	GISEMENT. ROCHES encaissantes.	DIRECTION en degrés.	DIRECTION en heures.	INCLINAISON.	MINÉRAUX CONSTITUANTS. GANGUES.	MINERAIS MÉTALLIQUES.	OBSERVATIONS.
87	La Carsenie. . . . . ✝	Granite.	E. 10° N.	»	»	Baryte sulfatée, quartz.	Galène, plomb vert, blende.	
88	La Caze. . . . . ✝	*Id.*	»	»	»	*Id.*	Galène, plomb vert.	
89	Le Minier. . . . . . ✝	Gneiss et schistes micacés.	O. 12° N.	7	»	Quartz.	Galène.	
90	Peyremale. . . . . . ✝	Granite.	»	»	»	*Id.*	Galène, plomb vert.	
91	Tournhac. . . . . . . ✝	*Id.*	»	»	»	*Id.*	*Id.*	
92	Querbes.	Schistes micacés. . . .	»	»	5	*Id.*	Galène.	
93	Bresiès.	*Id.*	»	»	»	*Id.*	*Id.*	
94	Cabrespines n° 1	Diorite.	O.-N.-O.	7 1/2	80° S.-S.-O.	*Id.*	Plomb phosphaté et galène.	
95	Cabrespines n° 2	*Id.*	»	7 1/2	*Id.*	*Id.*	Galène et plomb vert.	
96	Autre filon du même lieu.	*Id.*	N.-O.	7 1/2	»	Baryte sulfatée.	Galène.	
97	Paysan.	*Id.*	»	»	»	»	»	
98	Moulin de Cavagnac. .	Diorite schisteux. . . .	O.-N.-O.	7 1/2	»	Baryte sulfatée.	»	

En résumé, dans le district d'Asprières, les caractères des filons sont à peu près les mêmes que dans le district de Villefranche; les gangues sont les mêmes, mais la baryte sulfatée se montre beaucoup plus abondante, et forme à elle seule des filons puissants. Les minerais dominants sont la galène à fines facettes et le plomb phosphaté; on y voit à peine quelques traces de matières cuivreuses. Tels sont du moins les caractères des gîtes situés dans la partie E. et S.-E. du district, à la Caze, la Carsenie, Peyremale, Tournhac, le Minier, gîtes qui, sous le rapport de l'allure et de la composition, présentent une identité complète avec ceux des environs de la Bastide. Dans la partie occidentale du district, les filons de Cabrespines, de Lestiflot, présentent des caractères un peu différents; la baryte sulfatée tient encore une large place dans les gangues, mais le quartz est presque toujours prédominant; et parmi les minerais métalliques dominants, on retrouve les minerais cuprifères et les galènes à larges facettes.

Les roches éruptives de cette région sont le granite, les diorites, les amphibolites, et les eurites passant à un porphyre amphibolique. C'est à ces trois dernières variétés de roches que paraissent principalement liés les gîtes métalliques. Les roches feldspathiques dominent dans la partie orientale, les roches amphiboliques dans la partie occidentale; et peut-être cette différence dans la nature des foyers éruptifs n'a-t-elle pas été sans influence sur les modifications indiquées dans la composition des gîtes, modifications qui rappellent celles que nous avons déjà signalées, comme caractères distinctifs, entre les gîtes du système euritique et les gîtes du système serpentineux.

Les filons du district d'Asprières se montrent dans toutes les roches cristallines, granite, diorite, gneiss,

schistes micacés, et pénètrent même dans les terrains jurassiques.

Leur direction constante est à peu près la même que celle des filons des districts de Villefranche et de Najac (de h. 7 à h. 8 : *voir* la rose des directions, *fig.* 1, Pl. VIII).

Les matières métalliques, principalement condensées dans les filons, se trouvent encore disséminées soit dans les roches massives, soit dans les terrains stratifiés. Les diorites du plateau de Sonnac, fortement imprégnés de fer oxydulé titanifère, présentent en outre, près de Paysan, quelques mouches de pyrite cuivreuse. Quant aux minerais en couche, ils existent à deux niveaux différents dans le terrain jurassique : ce sont les grès ferrugineux infraliasiques de Tensou, le minerai hydroxydé oolitique des environs de Saint-Igest qui est le prolongement de la couche de Veuzac. **Roches métallifères.**

4° *District des bords du Tarn.*

On trouve dans la vallée du Tarn et sur les plateaux qui la dominent, en aval de Millau, un assez grand nombre de filons métalliques. Ces filons peuvent se diviser en deux groupes principaux correspondant aux concessions de Creissels et du Minier du Tarn. Un troisième groupe, compris dans les communes de Broquiès, Brousse, est actuellement l'objet d'une demande en concession.

Si l'on compare entre eux les filons des environs de Creissels et ceux du Minier, on ne peut s'empêcher de remarquer des différences assez notables dans leur allure et leur composition. Les filons de Creissels présentent une régularité remarquable ; leur crête, souvent à découvert, permet de les suivre presque sans discontinuité sur une longueur de 2 à 4 kilomètres ; leur direction, quoique un peu sinueuse, ne s'écarte **Filons des environs de Creissels.**

guère cependant de la direction moyenne, qui est à peu près O.-N.-O. pour les filons de Limazette et des Fous, N.-N.-O. pour le filon de Galès (*voir* la carte, Pl. IX). On a d'ailleurs reconnu, partout où des fouilles de quelque importance ont permis d'apprécier leur allure et leur puissance, que le caractère saillant de ces filons est une grande uniformité dans les conditions de gisement; ils se présentent, en un mot, sous forme de longues fissures remarquables pour leur étendue et leur régularité. Les gangues dominantes sont la baryte sulfatée près des affleurements, le quartz dans la profondeur. Quant aux minerais métalliques, les plus abondants sont la galène et la blende; les sulfures de cuivre, beaucoup plus rares, ne se trouvent avec quelque abondance que dans la partie ouest du filon de Limazette.

Filons du Minier.

Dans le groupe du Minier, au contraire, les filons ne se présentent que par tronçons détachés, et ces tronçons, qu'il serait difficile de coordonner entre eux, montrent dans des étendues fort restreintes de fréquentes variations d'allure; quelques gîtes semblent même, comme celui d'Orzals par exemple, former plutôt un amas qu'un filon : la baryte sulfatée, si abondante dans les filons de Creissels, ne se trouve plus ici qu'exceptionnellement et en petite quantité. Le quartz, toujours dominant dans les gangues, forme exclusivement la masse de la plupart des filons. Quant à la matière minérale métallique, bien que la galène soit encore le minerai dominant, les minerais cuprifères sont infiniment moins rares que dans le groupe de Creissels. Il n'est en effet presque aucun filon exploré dans lequel je n'aie trouvé de la pyrite cuivreuse, du cuivre gris, de la bournonite et du cuivre carbonaté, en proportion souvent assez considérable.

Il y a donc, ainsi que je l'ai dit, entre les groupes

des deux gîtes, des différences très-marquées tant dans les conditions du gisement que dans la composition. Néanmoins, malgré ces dissemblances, si l'on remarque, d'une part, que quelques affleurements partiels situés entre les deux groupes et sur leur prolongement, comme aux environs de Peyre, des Douzes, de Concoules, semblent établir entre eux une sorte de trait d'union; en second lieu, que les directions observées dans les filons des deux groupes peuvent se rapporter presque toutes à une direction moyenne commune; enfin que leurs éléments composants sont les mêmes, bien que leur proportion relative varie beaucoup de l'un à l'autre. On sera naturellement porté à conclure que les deux groupes sont probablement connexes, que leur origine doit être rapportée à une même cause, et que les différences de détail observées entre eux ne tiennent peut-être qu'à un éloignement plus ou moins grand du foyer éruptif. On conçoit en effet que, dans le voisinage des points d'éruption, les émanations minérales cherchant une issue dans les interstices de la roche recouvrante, brisée et fendillée en tout sens, ont dû produire des gîtes irréguliers, comme ceux du Minier, des filons peu étendus, d'allure et de directions variables, passant parfois à de véritables amas, et auxquels se rattachent des réseaux de veinules ramifiées et anastomosées. A une plus grande distance, au contraire, le soulèvement en masse des roches recouvrantes a dû produire des fissures moins multipliées, mais plus étendues, plus régulières, dont le remplissage a donné naissance à des filons bien réglés comme ceux de Creissels.

Relation probable des deux groupes.

Si l'on admettait cette hypothèse, on serait conduit, en rapprochant les faits relatifs à la distribution des gangues et des minerais, on serait, dis-je, conduit à

admettre aussi, comme lois générales de cette distribution dans le district qui nous occupe :

1° Que les minerais cuprifères se sont principalement condensés dans les gîtes ou les parties de gîtes les plus voisines du foyer, tandis que les minerais de plomb et de zinc occupent les parties les plus éloignées;

2° Qu'une séparation analogue a eu lieu pour les gangues, le quartz occupant généralement les parties des filons les plus rapprochées du foyer, tandis que la baryte sulfatée abonde surtout vers les affleurements;

3° Enfin, comme dernière conséquence, confirmée d'ailleurs par les faits que nous avons cités, on conclurait que, dans ce district, la richesse des filons en matière métallique est en raison inverse de la richesse en baryté sulfatée,

Il semblerait donc, bien que le départ des éléments constituants n'ait pas eu lieu d'une manière absolue et complète, que ces minéraux se sont déposés dans l'ordre suivant : Pour les gangues, quartz, baryte sulfatée ; pour les minerais métalliques, minerais cuprifères, blende, galène et plomb vert. La coupe transversale du filon de Dousilienque, le seul dont le rubanement soit bien déterminé, donne un nouvel appui à cette opinion ; les dépôts métalliques se présentent en effet dans ce filon dans l'ordre ci-après, en allant des parois vers le centre :

1. Sulfures cuprifères,
2. Blende et galène,
3. Galène et plomb vert.

NUMÉROS D'ORDRE.	DESIGNATION DES FILONS ET LIEUX d'observations.	GISEMENT.				MINÉRAUX CONSTITUANTS.		OBSERVATIONS.
		ROCHE encaissante.	DIRECTION en degrés.	DIRECTION en heures.	INCLINAISON.	GANGUES.	MINERAIS.	
99	Filon de Limazette. . . . →	Calcaire du lias.	N. 60° O.	8	75° → O. 60° S.	Baryte sulfatée et quartz.	Pyrite cuivreuse, galène, plomb phosphaté, blende.	(1)
100	Filon du puits Bernard. . →	*Id.*	N. 70° O.	7	80° → S. 20° O.	*Id.*	Cuivre hydrosilicaté, pyrite cuivreuse, sulfure de cuivre, galène. Plomb phosphaté, plomb carbonaté, blende.	
101	Babouning. . . . . →	*Id.*	N. 60° O.	8	75° S. 20° O.	Baryte sulfatée et chaux carbonatée.	Cuivre carbonaté, cuivre oxydé rouge, pyrite cuiv., galène.	
102	Ensemble du filon de Gales à Babouning.	*Id.*	*id.*	8	75°	*Id.*	»	
103	Soulobre. Ravin de Lavadous. . . . . →	Calcaire et grès liasique.	N. 30° O.	10	75° O. 30° S.	Quartz et baryte sulfatée.	Galène, blende.	
104	Gales. . . . . ⇄	»	N. 15° O.	»	»	»	Pyrite cuivreuse.	
105	Les Fons. . . . . →	Calcaire du lias.	N. 50° O.	8 1/2	»	»	Galène argentifère, plomb carbonaté noir, blende.	
106	Ravin du Douzilieuques. . ⇄	Trias.	O.-N.-O.	7 1/2	77° S.-S.-O.	Quartz avec baryte sulfatée.	Blende et galène, plomb vert et bournonite.	(2)
107	Le Minier, derrière l'église.	*Id.*	N. 80° O.	6 1/2	»	Quartz.	Galène et cuivre gris.	
108	Filon d'Orzals. . . . . . . →	*Id.*	N. 30° O.	10	»	Quartz, baryte sulf. rare.	Galène.	
109	Filon du Pradal. . . . . . →	*Id.*	N. 65° O.	8	»	Quartz et baryte sulfatée.	Blende et galène.	
110	Filon de Persignac.	*Id.*	N. 20° O.	10 1/2	»	*Id.*	Galène, plomb phosphaté vert, blende.	

(1) Les filons désignés sous les nos 1 à 7 inclus sont compris dans la concession des mines de cuivre et plomb argentifère de *Creissels*, appartenant à MM. de Lounguins et de Marchand-de-Marans, en vertu d'une ordonnance du 28 décembre 1840. Cette concession s'étend sur les communes de Creissels, Saint Georges-Compregnac, Castelnau, Péguayroles et Millau.

(2) Les gîtes compris sous les nos 8 à 12 sont situés dans la concession des mines de cuivre et plomb argentifère du *Minier* accordée aux mêmes par ordonnance du même jour, et s'étendant sur le territoire des communes de Saint-Rome-du-Tarn, le Viala-du-Tarn et Montjaux.

En résumé, dans le district de Creissels et du Minier du Tarn, l'origine des filons métallifères paraît se rattacher à l'éruption des roches amphiboliques, presque toujours associées, dans nos contrées, aux serpentines, dont elles semblent être l'équivalent géologique : aussi retrouvons-nous, dans les gîtes de ce district, la plupart des caractères que nous ont montrés les filons du système serpentineux de Najac. Les matières cuivreuses existent dans presque tous les filons, en proportion souvent considérable ; elles sont associées à la blende et à la galène. Les gangues sont de quartz et de baryte sulfatée : cette dernière abonde surtout aux affleurements de quelques gîtes ; sa proportion est généralement inverse de celle des minerais métalliques, et surtout des minerais de cuivre. Les parties riches des filons paraissent former des massifs disposés en colonnes qui se prolongent verticalement à une grande profondeur. La teneur des filons en matière métallique, et notamment en cuivre semble augmenter à mesure que l'on pénètre plus avant.

Sans être aussi riches en argent que les minerais de Pénevayre, du Mas du Bouysson, de la Serène, de Magnols, de Pesquiés, les galènes de cette région sont très-notablement argentifères.

Tous les filons sont encaissés dans les terrains jurassiques ou dans le trias ; leur direction est comprise entre hora 7 et 10, comme dans tous les districts déjà étudiés (*voir* la rose des directions, *fig.* 1, Pl. VIII). L'inclinaison est presque constamment vers le *sud.*

5° *District métallifère de Corbières et Mélagues.*

La région qui comprend ce groupe métallique est montueuse, fortement accidentée ; elle occupe l'extrémité sud du département de l'Aveyron et la partie

N.-N.-O. du département de l'Hérault (*voir* la carte géologique, Pl. IX). Composition géologique.

Les roches qui la composent appartiennent à l'étage le plus ancien des terrains de transition, à la formation cambrienne.

Les éléments dominants sont : 1° les schistes argilo-talqueux et micacés; 2° le calcaire presque toujours à l'état marmoréen.

Nous citerons en outre, comme faisant partie intégrante du terrain, les gneiss des environs de Rials et de Montahut et quelques assises rares et peu épaisses de grauwacke.

Les éléments accessoires, accidentels ou subordonnés sont : le granite porphyroïde, le porphyre quartzifère, le porphyre euritique, de nombreux filons de quartz et de baryte sulfatée souvent métallifères; le basalte.

Tous les produits dépendant de l'éruption des roches plutoniques; les filons pierreux et métalliques, les roches métamorphiques, les sources minérales abondent non-seulement dans toute l'étendue du terrain de transition, mais encore dans les terrains contigus, surtout dans le trias et la formation gypseuse qui s'appuient au nord sur les flancs du massif cambrien.

District métallifère de CORBIÈRES et SYLVANEZ.

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES FILONS ET LIEUX d'observations.	GISEMENT. ROCHES ENCAISSANTES.	DIRECTION en degrés.	DIRECTION en heures.	INCLINAISON.	MINÉRAUX CONSTITUANTS. GANGUES.	MINERAIS MÉTALLIQUES.	OBSERVATIONS.
111	Corbières. . . . . . . →	Schistes et calcaire de transition, porphyres.	N.-S.	12	»	Quartz blanc saccharoïde.	Cuivre carb., cuivre gris, cuivre panaché, cuivre pyriteux, blende, fer spathique.	
112	Fouserène. . . . . . →	Porphyre quartzifère et schistes cambriens.	»	»	»	Quartz et baryte sulfatée.	Cuivre panaché et pyriteux, cuivre gris, blende, galène, fer spathique.	
113	Meynes. . . . . →	Schistes cambriens et porphyres quartzifères.	O.12°N. à O.-N.-O.	7 7 1/2	65° S. 12° O.	Quartz.	Cuivre carbonaté.	
114	St-André-de-Ricussec.	. . . .	O. 10° N.	7	75° N. 10° E.	Quartz haché carié. . .	*Idem.*	
115	Autre un peu plus au N.	Calcaire cambrien.	N.-O.	9	vertical.	*Id.*	*Idem.*	
116	Mas Marquès	Terrain cambrien.	N. 10° O.	11	*Id.*	*Id.*	Cuivre carb. et pyrite cuivreuse.	
117	Lastiouses. . . . . . . ⇸	Porphyre et granite.	»	»	»	Quartz, baryte sulfatée.	Cuivre gris, bournonite, blende, pyrite.	
118	La Barre. . . . . →	»	»	»	»	Baryte sulfatée, quartz.	*Idem.*	
119	Roqueféral. . . . . . ⇸	Schiste cambrien endurci.	N. 30° O.	10	75° E. 30° N.	Quartz.	Hématite brune.	
120	Ouyre. . . . . →	Calcaire de transition. . . .	N. 5° à 10° E.	1/2	»	Chaux carbonatée. . . .	Cuivre carbonaté, cuivre gris.	
121	Promillhac. . . . . . →	Schiste de transition. . . .	E.-N.-E.	4 1/2	50° N.-N.-O.	Quartz hyalin.	*Idem.*	
122	Beuche-Payrol. . . . ⇸	Terrain cambrien calcaire.	N.-E.	3	40° N.-O.	Quartz hyalin, baryte sulfatée.	Cuivre carbonaté.	
123	Puy-de-Rosies. . . . →	Terrain cambrien, schiste, calcaire.	N. 23° O.	10 1/4	»	Quartz, baryte sulfatée.	Pyrite cuivreuse, bournonite, cuivre carbonaté, fer spathique, oxyde d'antimoine.	
124	Dike quartzeux, même lieu.	Schistes cambriens. . . .	N. 10° E.	1	75 à 90° O. 10° N.	Quartz.	»	
125	La Baume. . . . . . . →	*Id.*	N. un peu O.	11	»	Quartz saccharoïde, grenu.	Cuivre carbonaté, cuivre gris, antimoine sulfuré.	
[illegible]	Mas d'Andrieu.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	»	[illegible]	Cuivre carbonaté, cuivre gris.	

En résumé, dans le district de Sénomes, Corbières et Mélagues, les gîtes métallifères sont généralement moins réguliers, moins continus que dans les autres; l'on y trouve bien quelques filons de quartz cuprifère dont les affleurement faciles à suivre, sont souvent marqués par des dikes saillants et se prolongent sur une assez grande étendue : mais ces filons ne contiennent en général que des traces de minerais, et la plupart des gîtes doués de quelque richesse sont peu apparents à la surface; aussi leur allure, d'ailleurs irrégulière le plus souvent, est-elle difficile à étudier. Ces gîtes se font remarquer par la variété, et quelquefois aussi par la richesse des minerais métalliques; ils sont tous cuprifères et ils contiennent en outre du plomb, de l'antimoine, du fer, du zinc. Les gangues dominantes sont le quartz et la baryte sulfatée; mais ces gangues manquent parfois entièrement, surtout dans les filons enclavés dans la roche éruptive.

Contrairement à ce que nous avons observé dans les autres districts, l'orientation des filons semble n'avoir rien de constant. Peut-être cela tient-il à l'allure irrégulière des gîtes, à la difficulté de les observer sur une étendue suffisante pour bien apprécier leur direction réelle.

Ces gîtes sont groupés pour la plupart suivant une ligne dirigée à peu près N.-S. parallèlement aux principaux accidents topographiques de cette contrée.

Les filons métalliques sont généralement encaissés dans les schistes calcaires de transition et dans les porphyres subordonnés à ces terrains; mais on les voit aussi pénétrer au nord dans les terrains de trias, pour s'arrêter brusquement à la hauteur des grès qui forment l'assise inférieure de la formation gypseuse.

Les directions observées dans les filons métallifères des divers districts de l'Aveyron qui viennent d'être étudiés sont toutes représentées par la rose des directions. Le tableau suivant fait voir en outre comment ces filons sont groupés, en même tempsqu'il indique le nombre des filons métallifères dans chaque octant.

Directions observées dans les filons métallifères de l'Aveyron.		District de Najac.		District de Villefranche.		District d'Asprières.		District du Minier et Creissels.		District de la Barre et Corbières.	
1er octant. . .	de H. 12 à H. 1 inclus.	0		0		0		0		3	
	H. 1 à H. 2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4
	H. 2 à H. 3	0		1		0		0		1	
2e octant. . .	H. 3 à H. 4	0		0		0		0		0	
	H. 4 à H. 5	0	0	3	6	0	0	0	0	2	2
	H. 5 à H. 6	0		3		0		0		0	
3e octant. . .	H. 6 à H. 7	6		0		0		1		0	
	H. 7 à H. 8	4	15	4	16	5	5	9	10	3	4
	H. 8 à H. 9	5		12		0		0		1	
4e octant. . .	H. 9 à H. 10	3		0		0		0		1	
	H. 10 à H. 11	1	4	1	1	0	0	3	3	3	4
	H. 11 à H. 12	0		0		0		0		0	
Nombre total des filons étudiés. . .		19		24		5		13		14	

Résumé général. — conclusions.

Si maintenant nous jetons un regard rétrospectif sur l'ensemble des faits consignés dans ce mémoire, afin d'en mieux saisir l'enchaînement et les conséquences, nous y trouverons la confirmation des principes que nous avons posés d'abord.

Les observations recueillies, les discussions auxquelles elles ont donné lieu, nous ont démontré que le sol de l'Aveyron recèle dans presque toute son étendue des richesses minérales métalliques.

Les phénomènes géologiques, les agents dont la nature s'est servie pour concentrer ces richesses métalli-

ques dans certaines parties de l'écorce terrestre, et les mettre en quelque sorte sous la main de l'homme, ont laissé dans tout ce département des traces nombreuses qui attestent la continuité autant que la généralité et l'énergie de leur action.

Les gîtes métallifères, ainsi que les produits minéraux, les accidents géologiques qui dépendent des mêmes causes génératrices, se trouvent en effet, comme nous l'avons vu.

1° Dans toutes les parties du département;

2° Dans toutes les formations géologiques.

De l'extrême diffusion des gîtes dans les lieux les plus éloignés, nous pouvons conclure à *la généralité* des phénomènes producteurs.

De la présence des minerais dans tous les terrains, non-seulement à l'état d'élément accidentel, mais encore à l'état d'élément congénère, nous pouvons conclure à la *continuité* des mêmes phénomènes.

Enfin, de la multiplicité des gîtes, nous conclurons à la *puissance d'action.*

Néanmoins, quel que soit le caractère de généralité des phénomènes qui ont présidé à la distribution des minerais métalliques dans le sol de l'Aveyron, l'on ne peut s'empêcher de reconnaître que cette distribution est restée subordonnée à certaines lois générales de relation qui établissent une analogie incontestable entre les gîtes de cette contrée et ceux de plusieurs régions métallifères bien connues, telles que la Toscane, le Hartz, l'Oural, la Suède.

Parmi ces lois de relation, nous citerons en première ligne les conditions de gisement; la position constante des filons métallifères sur le pourtour des massifs granitiques, et leur liaison plus directe, plus immédiate avec les roches éruptives trapéennes, qui

forment dans nos contrées le cortége habituel des granites; leur concentration dans certains districts caractérisés par l'abondance de ces roches trapéennes, et plus particulièrement des serpentines et des porphyres feldspathiques; leur tendance constante vers un petit nombre de directions privilégiées, presque toutes comprises dans le cadran S.-O., tendance sur laquelle l'inspection de la *fig.* 1, Pl. VIII, ne peut laisser aucun doute; la concordance qui existe entre les directions habituelles des filons et celle des principaux accidents géologiques, tels que failles, dislocations de couches; la pénétration des filons dans tous les terrains jusques et y compris les terrains jurassiques; l'influence de la roche encaissante sur la puissance et l'allure des gîtes. Telles sont les lois générales sous l'action desquelles paraissent avoir été produits non-seulement les gîtes des principaux groupes métallifères, mais encore ceux que l'on trouve disséminés en dehors de ces districts.

S'il nous était permis d'ajouter à cet exposé des faits, quelques appréciations théoriques qui, sans avoir le même degré de certitude, n'en sont pas moins basées sur l'ensemble des observations, nous résumerions en peu de mots l'impression laissée dans notre esprit par l'étude des filons métallifères.

Toujours en rapport, ainsi que nous l'avons dit, avec les roches éruptives, les fissures dont le remplissage a produit les filons paraissent être également en relation avec les principales dislocations du sol.

Les roches éruptives, source des émanations métalliques, appartiennent toutes, si l'on excepte les porphyres quartzifères très-rares, à la classe des roches basiques. Ce sont principalemont des eurites, des serpentines et des amphibolites.

La nature de ces roches, la distance des foyers éruptifs paraissent ne pas être sans influence sur le mode de remplissage des filons, sur la distribution et la proportion relative des divers minerais et des gangues.

Les filons cuprifères semblent se rattacher plus particulièrement aux serpentines ou aux amphibolites; ils admettent presque toujours, concurremment avec les matières cuivreuses, un grand nombre d'autres minerais métalliques.

Les filons de plomb et de zinc, contenant peu ou point de cuivre, forment le cortége habituel des roches euritiques.

Dans l'intérieur même des masses éruptives les matières métalliques se trouvent assez souvent disséminées en grains, ou en minces veinules. Quand elles forment de véritables filons, ceux-ci sont habituellement dépourvus de gangues pierreuses.

Il en est quelquefois de même dans les roches encaissantes au voisinage immédiat des masses éruptives; mais ces gangues abondent et acquièrent une prépondérance décourageante à mesure que l'on s'éloigne des foyers d'éruption.

La puissance, la continuité, la régularité des filons paraît être en rapport avec la solidité de la roche encaissante.

Les matières métalliques occupent généralement la partie centrale des filons.

Rarement elles sont distribuées d'une manière uniforme dans toute son étendue; les portions riches paraissent former des amas allongés, disposés en colonnes parallèles, suivant la plus grande pente du filon.

Dans la plupart des districts l'abondance de la baryte sulfatée paraît être en raison inverse de la richesse métallique, surtout pour les minerais cuprifères.

3° L'analyse de plusieurs matières destinées à la confection des mortiers hydrauliques.

1° PROCÉDÉS DE SÉPARATIONS.

Terres alcalines et oxyde de fer.

Quand une dissolution renferme en même temps le peroxyde de fer et des terres alcalines, on ne peut pas obtenir une séparation exacte en saturant la liqueur par l'ammoniaque. Le précipité renferme bien la totalité du fer; mais il contient toujours une proportion notable des terres alcalines, proportion variable avec la nature des terres alcalines, la concentration des liqueurs, la proportion d'ammoniaque et la température à laquelle on effectue la précipitation. Le peroxyde de fer obtenu n'est jamais assez pur pour servir immédiatement au dosage du métal. Il faut faire subir au précipité donné par l'ammoniaque une purification plus ou moins compliquée, suivant qu'on a besoin de plus ou moins d'exactitude. Ainsi, par exemple, dans l'examen de certains minerais de fer à gangue calcaire, il importe bien moins de déterminer exactement la chaux et l'oxyde de fer que d'arriver rapidement à une approximation assez grande pour qu'on puisse faire l'essai du minerai par la voie sèche. Au contraire, dans l'analyse des minéraux, il faut doser très-exactement l'oxyde de fer et les terres alcalines. Dans le premier cas, le précipité d'oxyde de fer impur, produit par l'ammoniaque, peut être purifié par une méthode rapide et seulement approximative. Dans le second cas, au contraire, on doit recourir à un procédé plus long, mais exact.

Première méthode donnant seulement une approximation. — Le minerai de fer est dissous dans l'acide hydrochlorique ou dans l'eau régale; on sépare la gangue et on sature la liqueur par l'ammoniaque. Le précipité

contenant l'oxyde de fer et une certaine proportion de terres alcalines est lavé, séché et, après grillage du filtre, calciné dans un creuset de platine et pesé. Il est ensuite porphyrisé dans un mortier d'agate et mis en digestion à froid et pendant un jour entier dans l'acide acétique faible (1).

Cet acide dissout la plus grande partie de la terre alcaline, mais n'attaque pas le peroxyde de fer, quand on a eu soin de calciner fortement le précipité.

On filtre, on lave et on dose la partie insoluble dans l'acide acétique, laquelle est considérée comme du peroxyde de fer pur. La différence entre les deux poids obtenus avant et après le traitement par l'acide acétique faible indique approximativement la proportion de terres alcalines précipitées en même temps que l'oxyde de fer par l'ammoniaque.

L'erreur que l'on commet en déterminant le fer par ce procédé ne dépasse pas 3 p. 100 de la quantité totale de fer, même quand on opère sur des minerais très-calcaires.

Seconde méthode. — Supposons qu'on ait obtenu une dissolution contenant seulement le peroxyde de fer et les terres alcalines. On sature par l'ammoniaque, on reçoit le précipité sur un filtre, on le lave avec soin, on sèche et on détache autant que possible du papier; on brûle ensuite le filtre et on dissout dans l'acide hydrochlorique les cendres et le précipité desséché. Cette liqueur hydrochlorique renferme tout le fer et la partie des terres alcalines précipitée par l'ammoniaque. On l'étend d'eau, on ajoute du sel ammoniac, et on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré qui ramène le

(1) Il faut employer l'acide livré par les fabricants de produits chimique, étendu de 15 à 20 fois son volume d'eau.

fer au minimum d'oxydation. On sature ensuite par l'ammoniaque qui précipite tout le fer à l'état de sulfure, tandis que les terres alcalines restent entièrement dans la liqueur. On filtre, on lave le sulfnre de fer avec les précautions ordinaires et on le transforme en peroxyde par les méthodes connues. Pour le dosage des terres alcalines, il faut réunir les deux liqueurs qui les contiennent, après avoir décomposé l'hydrosulfate d'ammoniaque et chassé l'hydrogène sulfuré qui pourraient être nuisibles dans les réactions ultérieures.

Ce procédé nous a toujours donné des résultats très-exacts quand nous avons opéré sur des quantités pesées; il est certainement préférable, pour l'exactitude de la séparation, à l'emploi direct de l'hydrosulfate d'ammoniaque. Ce fait paraît singulier au premier abord; on peut cependant s'en rendre compte par les considérations suivantes :

Quand on opère comme nous venons de l'indiquer, le fer se trouve dans la liqueur, entièrement à l'état de protoxyde, en présence de sels ammoniacaux et d'hydrogène sulfuré; l'addition d'ammoniaque ne peut pas précipiter de l'oxyde de fer, pas plus que de la magnésie. Le fer ne peut se séparer insoluble qu'à l'état de sulfure, et par suite n'a aucune tendance à entraîner les terres alcalines. L'excès d'hydrogène sulfuré empêche le contact et par suite l'absorption de l'acide carbonique de l'air, en sorte qu'il ne peut pas se former de carbonates des terres alcalines.

Si, au contraire, on veut employer l'hydrosulfate d'ammoniaque, il faut saturer d'abord par l'ammoniaque, et par conséquent précipiter au moins une partie du fer à l'état de peroxyde, entraînant une certaine proportion des terres alcalines. L'addition d'hy-

drosulfate transforme bien tout le peroxyde de fer en sulfure, mais ne redissout pas complétement les terres alcalines.

Terres alcalines et alumine.

La séparation de l'alumine des terres alcalines présente la même difficulté que celle du peroxyde de fer. Quand on sature par l'ammoniaque une dissolution acide contenant alumine et chaux ou magnésie, le précipité retient toujours une certaine proportion de ces deux derniers oxydes, et l'acide acétique, employé froid et très-étendu d'eau, ne peut redissoudre qu'une partie de la chaux ou de la magnésie.

Pour obtenir une séparation exacte, il faut recourir au procédé indiqué par M. H. Sainte-Claire-Deville, procédé qu'on applique de la manière suivante : La dissolution des oxydes est saturée par l'ammoniaque, le précipité est bien lavé, séché et séparé du filtre. On brûle ce dernier et on réunit ses cendres à la matière séchée. On la met ensuite digérer dans l'acide nitrique, dans une capsule de porcelaine ; puis on évapore doucement à sec et on chauffe le résidu jusqu'au rouge sombre. La matière contient alors l'alumine entièrement séparée de l'acide nitrique, et les terres alcalines en partie à l'état d'oxydes, en partie à l'état de nitrates. On la met en digestion pendant vingt-quatre heures dans une dissolution moyennement concentrée de nitrate d'ammoniaque à une température de 80 à 90 degrés. Les oxydes libres alcalins terreux décomposent le sel ammoniacal avec expulsion d'ammoniaque et production de nitrates qui se dissolvent en même temps que la partie non décomposée par calcination. L'alumine calcinée est sans action sur le nitrate d'ammoniaque, et reste seule sans se dissoudre.

Ce procédé repose sur deux réactions assez simples, qui sont :

1° La décomposition complète de l'azotate d'alumine à une température assez peu élevée pour qu'il ne se forme pas d'aluminates alcalins terreux ;

2° La décomposition des sels ammoniacaux par les terres alcalines et l'inertie de l'alumine calcinée.

Cette méthode est un peu délicate, mais cependant d'une application facile.

Terres alcalines et alumine avec oxyde de fer.

Quand une dissolution acide renferme des terres alcalines et en même temps de l'alumine et de l'oxyde de fer, il faut employer la méthode que nous venons d'indiquer pour séparer exactement les terres alcalines. L'oxyde de fer se comporte comme l'alumine et reste avec elle insoluble dans le sel ammoniacal. On peut ensuite séparer ces deux corps, soit par l'emploi de la potasse après les avoir dissous dans l'acide hydrochlorique, soit en réduisant l'oxyde de fer par l'hydrogène et dissolvant le fer métallique par l'acide nitrique très-faible (1).

Terres alcalines et oxydes de cobalt, nickel et zinc.

La séparation des terres alcalines en présence des oxydes de cobalt, de nickel et de zinc est en général fort difficile. Les procédés indiqués jusqu'à présent ne conduisent pas à des résultats exacts, surtout quand on doit séparer la magnésie de l'oxyde de nickel. Nous employons depuis longtemps déjà la méthode suivante, que nous avons soumise à de nombreuses vérifications en opérant sur des quantités pesées des trois oxydes, nickel, cobalt et zinc, de chaux et magnésie.

Nous supposerons, pour simplifier l'exposition de la méthode, une dissolution contenant seulement de la magnésie et de l'oxyde de nickel dissous dans l'acide hydrochlorique ou dans l'acide nitrique.

La liqueur est d'abord saturée par l'ammoniaque;

---

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXX.

on ajoute ensuite assez d'acide acétique pour que la réaction sur le papier de tournesol soit faiblement acide ; on étend d'eau et on fait passer dans la liqueur du gaz hydrogène sulfuré en excès ; on bouche la fiole et on laisse digérer pendant vingt-quatre heures, en s'assurant à deux ou trois reprises que l'odeur de l'hydrogène sulfuré est forte, et que par conséquent ce gaz est bien en excès. Si l'odeur devenait faible, il faudrait de nouveau faire passer le courant d'hydrogène sulfuré dans la liqueur. Avec ces précautions on arrive à la précipitation bien complète du nickel à l'état de sulfure, tandis que la magnésie reste en dissolution (1). On filtre et on lave avec de l'eau chargée d'hydrogène sulfuré. Cette dernière précaution est indispensable pour éviter l'altération du sulfure de nickel par le contact de l'air.

L'emploi de l'hydrogène sulfuré dans une liqueur rendue acétique et convenablement étendue d'eau est très-commode pour séparer le cobalt, le nickel et le zinc de l'alumine, et ne laisse rien à désirer sous le rapport de l'exactitude.

La même méthode ne peut pas être employée pour le manganèse, parce qu'il n'est pas précipité par l'hydrogène sulfuré dans une liqueur acétique.

Nous citerons, comme application du procédé, l'exemple de l'analyse des pyrites magnétiques nickélifères provenant d'Inverrary, comté d'Argyle (Écosse), dont — Analyse des pyrites nickélifères.

---

(1) ...dmet généralement que l'hydrogène sulfuré précipite ...ment le cobalt, le nickel et le zinc dans leurs dissolu... , mais sous la condition que la liqueur ne ren... tre acide. En opérant comme nous venons de ...rrive à la précipitation bien complète ; et la rai... ...'acide acétique ne décompose pas les ... par les acides minéraux.

plusieurs échantillons nous ont été remis par M. Pentland.

Ces pyrites, d'une couleur bronzée, ont un éclat métallique dans leur cassure fraîche, et une texture cristalline. Dans tous les échantillons, on trouve des veines de pyrite jaune, et une gangue siliceuse qui abandonne aux acides de la chaux et de la magnésie.

L'analyse qualitative fait reconnaître dans la partie métallique la présence du soufre, du fer et du nickel, mais on ne trouve ni antimoine ni arsenic.

Analyse quantitative. — Le soufre est dosé par une attaque spéciale à l'eau régale versée bouillante sur le minerai réduit en poudre fine; et préalablement chauffé dans une fiole avec très-peu d'eau. On fait ainsi passer tout le soufre à l'état d'acide sulfurique dont on détermine ensuite la quantité par le sulfate de baryte, en prenant les précautions que nécessite ordinairement la présence de l'acide nitrique (1).

Pour doser les autres parties du minéral, on attaque 2 grammes par l'acide nitrique dans une capsule de porcelaine; on évapore lentement à sec, on reprend la matière desséchée par un acide, et on filtre. La partie insoluble restée sur le filtre se compose de la silice et de la portion de la gangue non attaquée. La dissolution contient : nickel, fer, chaux, magnésie et des traces d'alumine. Nous ne considérerons ici que l'analyse de cette liqueur.

(1) Le précipité de sulfate de baryte obtenu en versant un sel de baryte dans une dissolution régale, retient toujours du nitrate de baryte qu'on ne peut pas enlever par les lavages. Il faut calciner le précipité longtemps et fortement afin de décomposer le nitrate, pulvériser et faire chauffer quelque temps avec l'acide chlorhydrique étendu d'eau. La partie insoluble que l'on recueille alors est du sulfate de baryte pur.

On ajoute à la dissolution un très-petit excès d'ammoniaque, puis immédiatement une quantité d'acide acétique assez grande pour redissoudre tout le précipité, et pour rendre la liqueur franchement acide. On étend d'eau, et on fait passer du gaz hydrogène sulfuré pendant une heure au moins; on bouche ensuite la fiole et on laisse digérer pendant un jour; on filtre et on lave le précipité avec de l'eau chargée d'hydrogène sulfuré.

Le précipité contient à l'état de sulfures tout le nickel et tout le cobalt quand le minerai renferme ce dernier métal, mais une partie seulement du fer est précipitée. Il faut bien remarquer cette précipitation partielle du fer; il est impossible de l'éviter, et on ne peut pas non plus la rendre complète en étendant la liqueur d'une très-grande quantité d'eau. Ce fait est entièrement analogue à celui de la précipitation partielle du zinc, au moyen de l'hydrogène sulfuré, dans une liqueur chlorhydrique: la proportion qui se sépare est d'autant plus grande que la liqueur est moins fortement acide ou plus étendue; mais dans aucun cas on n'obtient une précipitation complète du métal à l'état de sulfure insoluble.

La dissolution séparée du précipité renferme le reste du fer et toute la chaux, la magnésie et l'alumine.

Traitement du précipité de sulfures. — Les sulfures sont séparés autant que possible du filtre, ce dernier est grillé dans une capsule de porcelaine et les cendres sont réunies aux sulfures séchés. On traite le tout par l'acide nitrique; par la filtration, on sépare le soufre non dissous on peroxyde le fer par le chlore, et on le précipite par l'ammoniaque (1). Dans la liqueur ammoniacale,

(1) L'emploi de l'ammoniaque pour séparer le peroxyde de fer de l'oxyde de nickel donne des résultats très-exacts; nous

on sépare ensuite le nickel par la potasse, on le dose à l'état d'oxyde et on cherche s'il contient du cobalt.

Traitement de la liqueur acétique — Cette liqueur renferme la chaux, la magnésie, le fer et quelquefois l'alumine. Lorsque ce dernier corps manque, ou est en quantité trop faible pour être dosé, on peut ajouter immédiatement de l'ammoniaque à la liqueur contenant un excès d'hydrogène sulfuré; le fer y étant au minimum d'oxydation est précipité à l'état de sulfure, et n'entraîne ni chaux ni magnésie. Ce précipité est traité ensuite comme nous l'avons dit dans un des procédés de séparation décrits plus haut, p. 524.

S'il y avait de l'alumine en proportion notable, on serait obligé de redissoudre ce précipité dans l'acide chlorhydrique pour le traiter par le moyen que nous avons indiqué précédemment, p. 526.

Dans ces deux cas, on décompose ensuite, au moyen d'un acide, le sulfhydrate d'ammoniaque formé; on fait, par une douce chaleur, perdre au soufre, provenant de la décomposition, son état laiteux; et après avoir filtré, on précipite la chaux et la magnésie par les procédés ordinaires.

Deux échantillons de pyrites magnétiques nous ont donné les résultats suivants :

Soufre	0,370	0,376
Fer	0,504	0,504
Nickel	0,071	0,065
Cobalt	traces.	traces.
Chaux	0,009	0,007
Magnésie	0,021	0,022
Silice et partie de la gangue inattaquée	0,020	0,020
Eau et perte	0,005	0,006
	1.000	1.000

avons vérifié le même fait pour l'oxyde de cobalt. Au contraire, l'ammoniaque ne sépare que très-imparfaitement le peroxyde de fer de l'oxyde de zinc et des terres alcalines.

Dans ces deux échantillons, le rapport du soufre aux deux métaux, fer et nickel, est à peu près celui de 18 à 19 équivalents.

En soumettant à l'analyse des fragments triés avec soin, et ne contenant pas de pyrite jaune, nous avons constaté que la pyrite bronzée contient un équivalent de soufre pour un équivalent de nickel et de fer. Par conséquent, les échantillons sont composés de protosulfures de fer et de nickel magnétiques avec des veinules de pyrites jaunes, et une gangue que nous n'avons pas étudiée spécialement.

Nous avons analysé par la même méthode un minerai de nickel provenant d'Espagne et fort analogue aux précédents. Il en diffère principalement en ce que les échantillons ayant été pris à une faible distance de la surface, le soufre a presque entièrement disparu sous l'influence des agents atmosphériques, et en ce que la gangue est bien plus abondante.

L'analyse nous a donné :

Silice.	0,330
Chaux.	0,017
Magnésie.	0,320
Soufre.	0,007
Fer.	0,110
Nickel.	0,041
Oxygène, eau.	0,175 (par différence).
	1,000

La gangue est de la magnésite (hydrosilicate de magnésie).

Manganèse et zinc, cobalt, ou nickel.

On sépare très-bien le manganèse des trois métaux : zinc, cobalt, nickel, par la méthode que nous venons d'exposer, pourvu qu'on opère comme nous allons l'indiquer. Nous prendrons pour exemple une dissolution hydrochlorique de manganèse et de nickel. On commence par ajouter à la liqueur une certaine quantité d'acide acétique, puis de l'ammoniaque, en quantité suffisante

pour saturer presque complétement les deux acides; il faut surtout que cette quantité d'ammoniaque soit assez grande pour qu'on puisse être certain que tout l'acide chlorhydrique est saturé, et que le seul acide libre dans la liqueur ne peut être que l'acide acétique. On étend alors d'eau et on fait passer du gaz hydrogène sulfuré, en suivant les indications données dans la méthode précédente. On fait digérer pendant un jour en bouchant la fiole; tout le nickel est précipité à l'état de sulfure, et tout le manganèse reste en dissolution. On filtre et on lave le précipité avec de l'eau chargée d'hydrogène sulfuré.

Pour doser le nickel, il faut transformer le sulfure en sel soluble par l'acide nitrique ou l'eau régale, et précipiter par la potasse; le manganèse doit être précipité à l'état de sulfure par l'ammoniaque et le sulfhydrate; le sulfure grillé longtemps à l'air est calciné au rouge dans un creuset de platine.

La modification à la méthode précédente est donc seulement l'addition de l'acide acétique avant celle de l'ammoniaque; elle est rendue nécessaire par la rapidité avec laquelle les dissolutions ammoniacales de manganèse absorbent l'oxygène de l'air. Ce métal passe dans ce cas à un état d'oxydation plus élevé que le protoxyde, et devient insoluble dans l'ammoniaque et dans l'acide acétique.

Nous avons expérimenté ce procédé sur des quantités pesées d'oxyde rouge de manganèse bien pur et des oxydes des trois métaux : cobalt, nickel, zinc, et nous sommes arrivés dans toutes nos expériences à des séparations bien nettes et à des dosages très-exacts.

La précipitation bien complète du cobalt, du nickel et du zinc, dans des dissolutions rendues acétiques et très-étendues, est très-précieuse, et permet d'analyser

avec exactitude et rapidité un certain nombre de minéraux pour lequels on serait fort embarrassé si on n'avait pas recours à cette réaction.

Cobalt, nickel et arsenic, antimoine.

Les minerais de cobalt et de nickel les plus ordinaires contiennent une proportion très-forte d'arsenic et d'antimoine. La séparation complète de l'arsenic et de l'antimoine des deux métaux, qu'il importe surtout de doser avec exactitude, est très-difficile. Nous avons employé jusqu'à présent deux procédés. Dans l'un, nous chassons la totalité de l'arsenic et de l'antimoine au moyen de la vapeur d'eau, et nous évaluons leur quantité par différence. L'autre est fondé sur ce fait que les sulfures de nickel et de cobalt formés par voie sèche sont insolubles dans les sulfures alcalins, qui dissolvent facilement, au contraire, les sulfures formés par voie humide. Le second procédé consiste donc à sulfurer tous les corps par une fusion avec un persulfure alcalin, et à séparer par l'eau les sulfures doubles solubles des sulfures insolubles formés par le fer, le nickel et le cobalt.

Premier procédé. — Nous supposerons un minerai à gangue quartzeuse contenant seulement arsenic, antimoine, fer, cobalt, nickel. Nous ne parlerons pas du soufre, qui doit être déterminé par une attaque spéciale. Le minerai porphyrisé est intimement mélangé avec 50 p. 100 de pyrite de fer bien pure, dans laquelle on a déterminé d'avance la quantité de fer. Le mélange est placé dans une grande nacelle en porcelaine qu'on introduit dans un tube de porcelaine. Ce tube est placé horizontalement dans un four à réverbère, et on le fait traverser par un courant assez rapide de vapeur d'eau. On chauffe progressivement le tube jusqu'au rouge sombre, et on voit se dégager presque immédiatement des fumées arsenicales et antimoniales,

nate alcalin, parce que ce dernier attaque toujours en partie la gangue et le creuset, ce qui introduit dans la dissolution une certaine quantité de silice gélatineuse qui gêne beaucoup dans les opérations ultérieures. Il faut, du reste, se tenir en garde contre la petite quantité de silice que peut renfermer le persulfure alcalin.

On filtre et on lave longtemps les sulfures insolubles avec de l'eau chaude chargée d'une petite quantité de sulfhydrate d'ammoniaque. Ce lavage est nécessairement très-long, car il faut enlever aux sulfures insolubles et au filtre tous les sels alcalins dont ils sont imprégnés.

Dans la liqueur, on précipite l'arsenic et l'antimoine à l'état de sulfures en décomposant les sulfosels et le sulfure alcalin par l'acide chlorhydrique faible; on les lave très-longtemps par décantation avant de jeter la masse sur un filtre pesé; le lavage est ici encore fort long, à cause de la grande quantité de sels alcalins qu'il faut enlever. Quand le lavage est terminé, on sèche, on pèse, et on détermine les deux corps par les méthodes ordinaires.

La gangue et les sulfures insolubles de fer, de nickel et de cobalt sont séparés du filtre autant que possible; le filtre est grillé, et les cendres sont ajoutées aux sulfures. Ce mélange est alors traité par l'eau régale, qui dissout les métaux seuls, et on sépare la gangue et le soufre non dissous, par filtration. Le fer, bien peroxydé par le chlore, est précipité par l'ammoniaque, et on précipite par la potasse, le cobalt et le nickel, dont on fait ensuite la séparation si on le juge nécessaire.

L'application de la méthode précédente présente des difficultés; elle exige une assez grande habitude, et ne donne pas des résultats plus exacts que la première pour le nickel et le cobalt, mais elle a l'avantage de

permettre le dosage direct de l'arsenic et de l'antimoine (1).

2° ANALYSES DES MINERAIS DE ZINC CONTENANT DU PLOMB.

L'analyse du minerai de zinc contenant du plomb en proportion notable, présente des difficultés sur lesquelles nous croyons utile d'appeler l'attention des chimistes.

Nous prendrons pour exemple une calamine à gangue argileuse et calcaire, renfermant du carbonate de plomb. C'est un des cas les plus simples qu'on puisse avoir à traiter; il nous suffira pour faire connaître les principales causes d'inexactitude.

La détermination de l'eau et de l'acide carbonique se fait ordinairement par une simple calcination, en prenant les précautions convenables pour que les gaz du foyer ne soient pas réductifs, résultat que l'on obtient en espaçant les charbons les uns des autres, de manière que l'air puisse circuler facilement. Le dosage spécial de l'acide carbonique n'offre, du reste, aucune difficulté, et il n'est essentiel que dans le cas où on opère sur une espèce minéralogique dont on veut déterminer la composition exacte.

Pour le dosage des métaux et de la gangue, on attaque 2 grammes de minerai par l'acide chlorhydrique; il est toujours nécessaire d'évaporer à sec, afin de s'assurer si l'action de l'acide n'a pas mis en liberté une certaine quantité de silice provenant, soit de ce que l'argile est partiellement attaquable, soit de ce que le minerai contient une proportion notable de silicate de zinc.

(1) Cette méthode, fondée sur la sulfuration des métaux par voie sèche, est indiquée dans les traités de chimie pour la préparation de l'oxyde de nickel; nous ne donnons comme nouveau que son emploi dans l'analyse.

On reprend par l'acide chlorhydrique étendu, en faisant digérer longtemps à chaud. Ici se présente une première difficulté; il faut obtenir la dissolution complète du chlorure de plomb, et empêcher la cristallisation pendant le refroidissement qu'entraîne nécessairement la filtration de la liqueur : on arrive à ce résultat en ajoutant à la dissolution une notable quantité de sel ammoniac, ou mieux de chlorure de sodium. En présence de ces deux sels, et surtout du dernier, le chlorure de plomb se dissout plus facilement et ne cristallise pas par le refroidissement de la liqueur, même quand elle est peu acide. Le sel ammoniac, quoique moins efficace que le chlorure de sodium, doit, suivant nous, être préféré à ce dernier dans la plupart des cas, parce qu'il n'introduit pas dans les dissolutions cette grande quantité de sels alcalins dont le lavage est très-difficile, et qui rendent toute la suite des opérations beaucoup plus longue. Avec le sel ammoniac, il faut néanmoins, encore bien plus qu'avec le chlorure de sodium, veiller à ce que, pendant toutes les opérations qui précèdent la précipitation du plomb, les liqueurs ne se refroidissent pas complétement; mais il n'est pas nécessaire de les maintenir à une température voisine de l'ébullition, comme dans le cas où on n'ajoute pas de sel à la liqueur.

Malgré la précaution que nous venons d'indiquer, il faut toujours s'assurer, après la filtration et le lavage de la partie insoluble, que ce résidu ne contient plus de chlorure de plomb, dont la présence serait indiquée par le contact du sulfhydrate d'ammoniaque, qui noircirait immédiatement le résidu; il faudrait alors le reprendre une seconde fois par l'acide chlorhydrique et le sel ammoniac, et joindre après filtration cette seconde liqueur à la première.

Supposons donc que le résidu ne contienne plus de

chlorure de plomb, on a dans la dissolution chlorhydrique, le plomb, le zinc, le fer, la chaux et un peu d'alumine; et dans le résidu, l'argile inattaquée et la silice gélatineuse rendue insoluble.

Traitement du résidu. — On grille le filtre, on calcine la matière et on pèse; on détermine ensuite la proportion de silice gélatineuse, en mettant en digestion dans une dissolution moyennement concentrée de potasse qui dissout la silice, tout en étant à peu près sans action sur l'argile. On filtre de nouveau, on lave avec grand soin, on pèse l'argile restée sur le filtre, et par la diminution de poids du résidu, on détermine la proportion de silice gélatineuse. On peut ensuite faire l'analyse de l'argile si on le juge nécessaire.

Traitement de la liqueur chlorhydrique. — On étend la dissolution avec de l'eau chaude, et on y fait passer un courant d'hydrogène sulfuré, de manière que ce gaz soit en excès avant que la liqueur soit refroidie complétement. Lorsque cè gaz est en excès, on ajoute de l'eau froide, dans le double but de refroidir et d'étendre assez la dissolution pour que le plomb se sépare complétement à l'état de sulfure noir, et non pas à l'état de chlorosulfure jaune, orangé ou brun.

Cette tendance à produire des chlorosulfures est une des propriétés caractéristiques du plomb, contre laquelle il faut toujours se tenir en garde; et pour cela, il suffit d'étendre d'eau la dissolution jusqu'au moment où l'hydrogène sulfuré produit un précipité bien noir.

Lorsqu'on est arrivé à ce résultat, on sature bien la liqueur d'hydrogène sulfuré, on bouche la fiole, et on fait digérer pendant vingt-quatre heures. On est certain que le plomb est entièrement précipité quand, après ce temps, l'odeur indique que le gaz est encore en excès. On filtre alors, et on lave avec beaucoup de soin.

Le précipité renferme tout le plomb et une portion

du zinc d'autant plus grande qu'on a été obligé d'étendre la liqueur d'une plus grande quantité d'eau. Dans la dissolution se trouvent le reste du zinc, tout le fer, l'alumine et la chaux.

Voyons maintenaut comment on peut traiter ces deux parties.

Les sulfures sont séchés sur le filtre, dont on les sépare ensuite; le filtre est grillé, et les cendres sont réunies aux sulfures. Ce mélange est alors traité par l'acide nitrique concentré, qu'on verse bouillant sur la matière, préalablement chauffée dans une petite quantité d'eau. On ajoute ensuite un peu d'acide sulfurique, et on évapore à sec dans une capsule de porcelaine; on chauffe progressivement jusqu'au rouge sombre, afin de bien volatiliser tout l'excès d'acide. On fait ensuite digérer dans l'eau, qui dissout le sulfate de zinc et laisse insoluble le sulfate de plomb. La liqueur contenant le zinc est traitée par l'ammoniaque et le sulfhydrate, qui précipite le zinc à l'état de sulfure; ce dernier sera réuni à celui qu'on obtient dans l'autre partie de l'analyse.

Le filtre sur lequel on a recueilli le sulfate de plomb insoluble est lavé et séché avec soin; on sépare le sulfate aussi complétement que possible du filtre et on grille ce dernier à part; on réunit les cendres au sulfate et on calcine doucement. Le poids de sulfate de plomb ainsi obtenu sert à déterminer la quantité de plomb du minerai. La facilité avec laquelle le sulfate de plomb se réduit oblige à calciner le filtre à part, comme nous l'avons indiqué; car autrement une notable quantité de plomb est réduite par la matière organique carbonisée.

Ce procédé est le seul qui puisse être employé, et il ne conduit pas à des résultats très-exacts. Nous signalerons seulement les principales causes d'erreurs. En

premier lieu, dans la calcination des sulfates, si on chauffe trop, on décompose un peu de sulfate de zinc, et la totalité du zinc ne se dissout plus ensuite par l'eau; si on ne chauffe pas assez, on est exposé à laisser un peu d'acide sulfurique en excès, qui augmente la solubilité du sulfate de plomb. Il faut remarquer, en effet, que le sulfate de plomb n'est pas complétement insoluble dans l'eau, en sorte que la dissolution aqueuse qui ne devrait renfermer que le sulfate de zinc contient toujours un peu de plomb, et quand on précipite le zinc par l'ammoniaque et le sulfhydrate, on n'obtient jamais le sulfure de zinc bien blanc; il est d'autant plus noir qu'on a lavé plus longtemps. Il en résulte que dans le lavage du sulfate de plomb on manque d'indications pour savoir à quel point ce lavage doit être arrêté; plus on le prolonge, plus on entraîne de plomb dans la dissolution de zinc, surtout en présence d'un excès d'acide; et si on arrête le lavage trop tôt, il reste du sulfate de zinc mêlé au sulfate de plomb. Il est donc impossible d'arriver à une séparation nette des deux sulfates.

Enfin, le dosage définitif du plomb est précédé de deux grillages de filtres, et dans chacun de ces grillages il y a une perte notable par le sulfate de plomb dont le filtre est imprégné. Ce sulfate est réduit en partie par la matière organique carbonisée, et une partie du métal est volatilisée.

La dissolution chlorhydrique contient le fer, la chaux, l'alumine et le zinc avec un excès d'hydrogène sulfuré. Le procédé le plus simple pour analyser cette dissolution est le suivant : on sature les acides par l'ammoniaque et on ajoute une petite quantité de sulfhydrate; on précipite ainsi l'alumine et les sulfures de fer et de zinc. L'alumine entraîne peu de chaux, et en général la proportion d'alumine et, par suite, celle de

la chaux entraînées sont tellement faibles qu'on peut les négliger ; leur séparation présenterait, du reste, de grandes difficultés. Nous considérerons donc le précipité comme contenant seulement les sulfures de fer et de zinc, et la liqueur comme renfermant toute la chaux. Le précipité doit être reçu sur un filtre, lavé immédiatement et sans interruption avec de l'eau chargée d'un peu de sulfhydrate d'ammoniaque. Cette précaution est rendue nécessaire par la facilité avec laquelle les deux sulfures s'altèrent au contact de l'air. Il faut ensuite les dissoudre dans un acide, peroxyder le fer par le chlore et précipiter ce métal par l'ammoniaque. Le peroxyde de fer ainsi obtenu contient toujours du zinc, aussi faut-il le redissoudre dans un acide et le précipiter de nouveau par l'ammoniaque. Nous devons dire que la séparation du fer et du zinc par ce procédé n'est pas complétement exacte, et que le peroxyde de fer retient toujours une certaine proportion d'oxyde de zinc. Cependant on est forcé de l'employer en l'absence d'une méthode plus exacte (1).

On évalue le fer d'après la quantité de peroxyde obtenu, et on précipite le zinc, soit par le carbonate de soude, soit par le sulfhydrate d'ammoniaque, après avoir eu soin de réunir à la liqueur ammoniacale la dissolution aqueuse de sulfate de zinc obtenue dans la première partie de l'analyse. On dose toujours le zinc à l'état d'oxyde.

On précipite la chaux par l'oxalate d'ammoniaque et on transforme le précipité en chaux caustique en le grillant avec le filtre sous la moufle d'un fourneau de

(1) Nous avons expérimenté sur des quantités pesées d'oxydes purs tous les procédés connus de séparation du fer et du zinc; aucun d'eux ne nous a donné des résultats plus exacts que l'emploi de l'ammoniaque, et ce dernier a l'avantage d'être de beaucoup le plus simple.

coupelle. Cette transformation se fait par ce moyen avec une grande facilité; le carbonate de chaux résultant de la première action de la chaleur sur l'oxalate abandonne la totalité de son acide carbonique, sous l'influence du courant d'air, ce qui n'a pas lieu quand on chauffe très-fortement dans un creuset de platine.

Si le minerai contient de la magnésie, on la dose à l'état de phosphate de magnésie en la précipitant de la dernière liqueur par le phosphate de soude.

On voit d'après ce qui précède que cette dernière partie de l'analyse est longue et difficile : elle ne donne pas de résultats exacts, car on obtient toujours moins de zinc et plus de fer que n'en contient le minerai. Il serait possible de faire une correction sur le poids de peroxyde de fer obtenu, en opérant de la manière suivante : ce précipité de peroxyde de fer renferme un peu d'alumine, de chaux et d'oxyde de zinc; par une réduction au moyen de l'hydrogène à une haute température, le zinc ramené à l'état métallique sera volatilisé, et en traitant la matière par l'acide nitrique et à froid, on ne dissoudra que le fer et la chaux, tandis que l'alumine restera insoluble; on précipitera ensuite dans la dissolution le fer par l'ammoniaque. Mais cette série d'opérations est trop longue pour qu'on puisse la conseiller dans les analyses de minerais.

Les considérations que nous venons de présenter sur l'analyse des minerais plombeux et zincifères les moins complexes montrent que les caractères analytiques du plomb et du zinc sont loin d'être bien connus. Il serait peut-être possible de simplifier l'analyse et d'arriver à des résultats plus exacts par une modification complète de la série des opérations. Ainsi on peut chercher à séparer le plomb, le zinc et le fer à l'état de sulfures, de manière à obtenir ensuite une dissolution renfermant seulement ces trois métaux, et de laquelle on précipi-

terait le plomb et le fer par le carbonate de baryte employé à froid. Contrairement à l'assertion émise par un grand nombre de chimistes, le plomb est entièrement précipité à froid par le carbonate de baryte ; c'est un fait qu'il est facile de vérifier sur le nitrate de plomb employé comme réactif dans les laboratoires ; il ne faut pas douze heures pour que la précipitation soit complète. Nous nous proposons de faire prochainement sur des mélanges pesés une série d'analyses qui nous permettront de décider si cette méthode peut être appliquée avec succès.

3° ANALYSES DE PLUSIEURS MATIÈRES EMPLOYÉES DANS LA CONFECTION DES MORTIERS HYDRAULIQUES.

Depuis plusieurs années les ingénieurs des ponts et chaussées chargés des travaux de constructions dans les ports de mer se sont aperçus que les mortiers hydrauliques fabriqués avec des pouzzolanes artificielles, ou des trass d'Andernach, et avec de la chaux et du sable dans les proportions adoptées, se détérioraient rapidement. Ce fait n'est malheureusement que trop bien constaté, et maintenant même l'efficacité des pouzzolanes artificielles, pour les mortiers employés dans les constructions à la mer, est assez vivement contestée. Il faudra sans doute de longues expériences pour éclairer la question, encore fort obscure, de la prise des mortiers hydrauliques; et, pour être décisives, elles devront être faites dans des constructions spéciales à la mer et non pas seulement au laboratoire.

L'analyse bien exacte de toutes les matières employées dans les mortiers reconnus de bonne ou de mauvaise qualité sera nécessairement le point de départ des expériences qui restent à faire.

Le bureau d'essais de l'École des mines a déjà reçu et analysé un certain nombre d'échantillons de matières premières et de mortiers; nous publierons successive-

ment nos résultats, persuadés que le but désiré depuis longtemps ne peut être atteint que par le concours de tous.

Avant d'indiquer la marche que l'on doit suivre pour faire l'analyse des ciments et des mortiers, il est bon d'établir une distinction bien tranchée entre ces deux genres de matériaux.

Les ciments sont obtenus par la calcination ménagée d'un mélange de calcaire, d'argile et de sable.

Lorsqu'on soumet à l'action de la chaleur un pareil mélange, il se forme, si la température est suffisamment élevée, un silicate parfaitement défini de chaux et d'alumine, qui est alors complétement inaltérable par l'eau. Ce silicate a toujours une tendance à s'agglomérer, et peut même fondre dans certains cas.

Si au contraire la température est assez ménagée, la combinaison n'est plus aussi complète; la cuisson fait naître dans ce cas une réaction particulière et imparfaitement connue entre la chaux, la silice et l'alumine. Ce composé, qui porte le nom de ciment, jouit de cette propriété que l'eau y complète la combinaison commencée par la chaleur et détermine la formation d'un hydrosilicate d'alumine et de chaux. Ce silicate, parfaitement défini et stable, mais dont la composition est inconnue, est, après sa formation complète, un composé solide, insoluble dans l'eau, et qui résiste à l'action de ce liquide et des sels qui s'y trouvent en dissolution.

Les mortiers sont formés en gâchant les pouzzolanes naturelles ou artificielles, avec de la chaux caustique, du sable, etc. Les pouzzolanes employées doivent contenir une certaine proportion de silice et d'alumine dans un état particulier tel que, par l'immersion dans l'eau, la chaux puisse se combiner avec ces deux corps et former de toute pièce le composé d'eau, de silice, d'alumine et de chaux dont nous avons parlé précédemment.

Il y a donc une grande différence entre les ciments et les mortiers. Dans les ciments, la combinaison est déjà commencée par la chaleur, et la principale réaction sous l'eau est une hydratation. Dans les mortiers, au contraire, la combinaison entre la chaux, la silice et l'alumine, n'existe pas entre les matières premières, et se fait seulement après leur immersion dans l'eau.

Quoique l'on ne connaisse pas encore d'une manière bien nette le rôle et l'importance des différents éléments, ni les proportions dans lesquelles chacun d'eux doit entrer dans la combinaison, pour que les mortiers durcissent d'une manière stable et puissent résister à l'action des sels contenus dans les eaux; quoique l'on ne connaisse pas l'influence de l'argile, inerte au point de vue chimique, de la chaux en excès employée pour le gâchage, de l'oxyde de fer, de la magnésie, etc., il est cependant hors de doute que l'action de la chaux sous l'eau doit être analogue à celle d'un alcali agissant en dissolution dans l'eau, et que la présence des matières siliceuses et alumineuses facilement attaquables par voie humide est une condition nécessaire de la formation ultérieure dans les mortiers de l'hydrosilicate solide.

Pour faire nettement comprendre l'importance de cette indication, nous citerons un exemple.

Supposons une chaux hydraulique mélangée avec une seule matière étrangère, du sable quartzeux en grains plus ou moins fins; il est évident que le quartz, ne pouvant entrer dans aucune combinaison par voie humide, n'agira pas utilement dans la prise des mortiers; il ne pourra servir qu'à donner de la résistance à l'écrasement, et si sa proportion est trop forte, il sera nuisible en empêchant le contact des éléments qui doivent se combiner. En d'autres termes, son action sera seulement mécanique.

Si au contraire la chaux est mélangée avec des ma-

tières contenant de la silice soluble dans les dissolutions alcalines, ou de l'argile partiellement attaquable par les acides, ou par les alcalis en dissolution, la silice et l'alumine seront en totalité ou en partie dans un état favorable à la formation de combinaisons par voie humide, et on peut présumer qu'elles pourront entrer pour une certaine proportion en combinaison avec la chaux, c'est-à-dire qu'elles pourront concourir au durcissement du mortier.

L'analyse des ciments et des mortiers devra donc être faite de façon à indiquer l'état d'agrégation et de combinaison des éléments; et, pour cela, il n'y a pas d'autre moyen que de constater l'action des acides et des alcalis par voie humide.

Il y a sans doute une grande différence entre l'action de la chaux sous l'eau et celle des acides ou des dissolutions alcalines; cette dernière est probablement beaucoup plus énergique, et les proportions de silice et d'alumine que les alcalis et les acides peuvent séparer des matières premières ne sont pas celles qui agiront une fois que les mortiers seront composés et mis sous l'eau. Cependant le mode d'analyse qui met ces proportions en évidence donne des indications précieuses sur la facilité plus ou moins grande avec laquelle ces matières premières cèdent par voie humide les éléments qui doivent entrer en combinaison sous l'eau, et il permet de les classer suivant l'ordre de leur aptitude à produire des mortiers hydrauliques.

Nous employons la méthode suivante pour l'analyse de toutes les matières destinées à la confection des mortiers.

On détermine l'eau et l'acide carbonique par une forte calcination; on dose ensuite l'acide carbonique seul dans une opération spéciale.

On traite une quantité pesée (nous opérons ordinairement sur 3 grammes) par l'acide nitrique, on

évapore doucement à sec, on reprend par l'acide nitrique faible.

Dans la liqueur, on dose exactement l'alumine, la chaux, la magnésie, les alcalis, l'oxyde de fer, etc.

Dans le résidu, on commence par séparer la silice soluble dans une dissolution de potasse, et on analyse la partie non dissoute en la fondant avec du carbonate de soude.

Dans le tableau de l'analyse, nous avons soin de mettre en évidence les trois séries de résultats obtenus en séparant :

1° Les matières volatiles ;

2° Les matières solubles par voie humide ;

3° Les matières qui ne peuvent être rendues solubles que par voie sèche.

Résultats obtenus par l'analyse des matières premières employées au Havre.

		nᵒ 1.	nᵒ 2.	nᵒ 3.	nᵒ 4.	nᵒ 5.	nᵒ 6.	nᵒ 7.
Matières volatiles.	Eau.	0,112	0,062	0,061	0,052	0,085	0,041	0,052
	Acide carbonique.	0,094	0,138	0,122	0,011	0,013	0.334	0,261
Matières solubles par voie humide dans les acides et dans les alcalis,	Silice.	0,110	0,082	0,110	0,070	0,312	0,010	0,050
	Alumine.	»	»	»	»	0,110	0,012	»
	Peroxyde de fer.	0,102	0,043	0,072	0,041	0,061	0,081	0,041
	Chaux.	0,116	0,182	0,169	0,014	0.015	0,408	0,319
	Magnésie.	0,020	»	»	0,012	0,010	0,008	0,022
	Alcalis.	0,018	»	0,038	0,009	0,095	0,019	0,009
	Acide sulfurique.	tr.	»	tr.	»	tr.	»	tr.
	— chlorhydrique.	»	»	0,031	»	»	»	»
	— phosphorique.	0,022	0,010	»	»	»	tr.	tr.
Matières insolubles, quartz et argile.	Quartz et silice.	0,285	0,425	0,341	0,690	0,230	0,042	0,190
	Alumine.	0,105	0,051	0,052	0,092	0,058	0,018	0,051
	Peroxyde de fer.	0,010	»	»	»	tr.	0,020	»
		0,994	0,993	0,996	0,991	0,989	0,993	0,995

N° 1. Argile de Sainte-Adresse au pied des falaises de la Hève.

N° 2. Terre à briques du Havre provenant d'alluvions anciennes.

N° 5. Vase déposée à chaque marée dans la retenue de la Floride.

N° 4. Argile rouge de Graville.
N° 5. Trass de Hollande (provenance d'Andernach).
N° 6. Rognons calcaires dans une couche argileuse du terrain jurassique, à la limite du grès vert.
N° 7. Calcaire du même terrain un peu inférieur aux rognons.

Le trass est employé directement comme pouzzolane sans avoir subi de cuisson; il contient une très-forte proportion de silice et d'alumine attaquables par voie humide, circonstance très-favorable à la formation des mortiers. Il serait possible cependant que la forte proportion d'alcalis qu'il contient eût une influence nuisible à la durée des constructions; mais cette influence ne peut être constatée que par une série d'essais sur des mortiers faits avec le trass et immergés depuis des époques différentes.

Les argiles diffèrent du trass en ce qu'elles doivent subir une cuisson préalable, qui modifie beaucoup l'état de combinaison de leurs éléments et augmente d'une manière notable la proportion de silice et d'alumine solubles par voie humide, au moins pour les échantillons 1, 2 et 3. Il est cependant facile de prévoir que la cuisson ne peut pas rapprocher beaucoup les argiles du trass et tend même à les en écarter davantage; en effet, la cuisson doit faire agir chimiquement la chaux sur le silicate d'alumine des argiles et produire par voie sèche une partie de la combinaison qui devrait seulement se former sous l'eau.

Les trois argiles 1, 2 et 3 doivent donc produire des pouzzolanes, dont le mode d'action dans les mortiers diffère essentiellement de celui du trass. Elles doivent être moins énergiques, d'abord parce qu'elles contiennent en moindre proportion la silice et l'alumine aptes à devenir actives, ensuite parce que ces deux éléments se présentent en partie combinés avec la chaux.

L'argile de Sainte-Adresse (n° 1) serait, d'après l'a-

nalyse, celle dont on pourrait attendre les meilleurs résultats comme pouzzolane.

L'argile rouge de Graville (n° 4) doit être très-peu modifiée par la cuisson, et par conséquent doit produire une pouzzolane très-peu énergique.

Les deux calcaires analysés doivent donner : le premier, de la chaux assez grasse; le second, au contraire, de la chaux assez hydraulique qui se rapproche un peu des argiles cuites.

D'après ces observations, on peut présumer que la cuisson doit transformer les argiles 1, 2, 3 en des mélanges de silicates de chaux et d'alumine imparfaitement formés avec un excès de sable et d'argile inertes, tandis que le calcaire (7) donnera par la cuisson un mélange de silicate de chaux et d'alumine avec un excès de chaux et du sable restés sans action. On peut donc prévoir qu'en composant des mortiers de pouzzolanes artificielles faites avec les argiles 1, 2, 3, et de chaux grasse ou hydraulique provenant des calcaires 6 et 7, on réalisera à peu près des mélanges de ciments avec une proportion considérable de matières inertes ou nuisibles, mais qu'on s'écartera beaucoup des mortiers faits avec des pouzzolanes naturelles et des chaux plus ou moins grasses.

Dans les premiers mélanges, la combinaison de silice, alumine, chaux est déjà faite en grande partie par la cuisson de chaque matière; dans les seconds, la combinaison se fait presque entière en présence de l'eau.

Les considérations précédentes nous conduisent à une dernière observation relative aux mortiers faits avec les pouzzolanes artificielles. La plus grande partie de la chaux ajoutée pour le gâchage restant inerte, conserve sa solubilité dans l'eau; elle doit donc se séparer progressivement des mortiers immergés, les [illegible]tre spongieux et hâter par là leur destruction, non

pas seulement par diminution mécanique de la résistance, mais encore en permettant à l'eau de pénétrer plus profondément dans la masse, et aux sels qu'elle contient d'exercer plus vivement leur action.

La terre à briques du Havre est employée principalement pour la fabrication de la pouzzolane artificielle; on la façonne en briques et on la cuit dans de grands fours, dans lesquels la houille est disposée par lits entre les assises de briques; après la cuisson, on fait un triage rapide qui sépare celles qui ne sont pas suffisamment cuites. Tout le reste est pulvérisé et employé ensuite comme pouzzolane avec un proportion assez variable de chaux et de sable.

La proportion de chaux qui semble la plus convenable est celle de 10 à 15 p. 100 en volume.

M. Chatoney, ingénieur des ponts et chaussées au Havre, nous a adressé une série de huit échantillons, représentant les différents degrés de cuisson et classés d'après leur apparence, suivant ce degré de cuisson. Dans le tableau suivant, qui donne le résultat de nos analyses, ces échantillons sont disposés dans le même ordre, le n° 1 étant le moins cuit et le n° 8 le plus cuit.

		n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.	n° 6.	n° 7.	n° 8.
Matières volatiles.	Eau.	0,018	0,023	0,033	0,025	0,021	0,023	0,024	0,021
	Ac. carbonique.	0,130	0,085	0,098	0,105	0,090	0,020	0,007	0,010
Matières solubles par voie humide dans les acides et dans les alcalis.	Silice.	0,074	0,090	0,116	0,114	0,124	0,190	0,170	0,215
	Alumine.	0,014	0,018	0,052	0,047	0,059	0,068	0,076	0,072
	Chaux.	0,180	0,220	0,177	0,185	0,145	0,140	0,154	0,180
	Oxyde de fer. .	0,040	0,036	0,040	0,035	0,041	0,037	0,035	0,036
Matières insolubles, quartz et argile.	Quartz et silice.	0,472	0,452	0,420	0,441				
	Alumine.	0,046	0,054	0,046	0,032	0,514	0,516	0,524	0,455
	Chaux.	0,016	0,016	0,010	0,014				
		0,990	0,994	0,987	0,998	0,994	0,988	0,990	0,989

La proportion d'acide carbonique de ces échantillons est en relation avec celle de la silice et de l'alumine

attaquables par les réactifs de la voie humide; ce qui indique que le carbonate de chaux n'abandonne son acide carbonique que sous l'influence de la silice et de l'alumine qui constituent l'argile, et que la chaux entre en combinaison avec ces éléments.

Le n° 1 est presque identique avec l'argile elle-même (voir le 1er tableau).

Dans les échantillons 2, 3, 4 et 5 l'action chimique de la chaleur a été très-faible; elle est, au contraire, presque complète pour les nos 6, 7 et 8.

Ces résultats justifient l'opinion que nous avons émise, que la pouzzolane artificielle ainsi fabriquée contient la combinaison déjà formée de silice, alumine et chaux; par conséquent cette pouzzolane ne peut agir chimiquement dans les mortiers que sur une proportion très-faible, peut-être même nulle, de la chaux mélangée dans leur fabrication. Les briques cuites du Havre s'éloignent donc beaucoup des pouzzolanes naturelles; elles doivent faire prise presque exclusivement par elles-même, et présentent par suite une grande analogie avec un ciment mélangé d'une très-forte proportion de matières inertes.

On peut donc conclure que la meilleure manière d'utiliser l'argile du Havre serait de la mélanger avant la cuisson avec une certaine proportion de chaux, afin d'obtenir un produit se rapprochant davantage d'un ciment et de diminuer ainsi la proportion des matières inertes.

PARACHUTE DE M. FONTAINE

RAPPORT SUR DEUX RUPTURES DE CÂBLES A LA SUITE DESQUELLES CET APPAREIL A FONCTIONNÉ.

Par M. COMTE, ingénieur des mines.

Nous avons décrit dernièrement (1) le parachute construit par M. Fontaine, chef d'atelier au chantier de la compagnie des mines d'Anzin. Cet appareil est monté sur les deux cages d'extraction du puits Tinchon dans lequel, depuis le mois de mars 1851, les ouvriers descendent et remontent sur les cordes.

Nous avons exposé les trois épreuves auxquelles il a été soumis et leurs résultats satisfaisants. Nous n'avons énoncé toutefois qu'avec une certaine réserve la conclusion à tirer de ces épreuves. En présence des chocs qui se produisent inévitablement au moment de la rupture du câble, lorsque le mouvement de la cage est brusquement interrompu et que les griffes du parachute s'enfoncent dans les guides, nous ne pouvions nous exprimer plus explicitement. Dans les expériences qui ont eu lieu, on n'avait exposé à ces chocs, et on le conçoit, que des matériaux inertes ; on devait donc encore redouter leurs effets sur des hommes. Aujourd'hui l'expérience a parlé dans deux circonstances différentes, et on est en droit de se prononcer plus nettement sur

(1) *Annales des mines*, 5e série, tome I, page 169.

l'efficacité du parachute. Dans l'intérêt de l'exploitation des mines, nous croyons devoir rapporter ici les deux accidents arrivés dans le puits Tinchon, et faire connaître les conditions dans lesquelles a fonctionné l'appareil de sauvetage. Nuus désirons vivement que cette note puisse concourir à propager l'emploi d'un mécanisme qui devrait être désormais appliqué sur tous les puits où les ouvriers se servent des câbles d'extraction pour pénétrer dans les travaux souterrains et pour en sortir.

Premier accident arrivé le 7 octobre 1852. Le premier accident est arrivé le 7 octobre 1852. Il a eu lieu dans des circonstances un peu exceptionnelles, et, pour rendre ces circonstances intelligibles, il est nécessaire avant tout de décrire brièvement la disposition des accrochages du puits Tinchon.

Au moment où la cage arrive au niveau d'un accrochage donné, il faut, si elle doit y être arrêtée, qu'elle trouve des appuis sur lesquels elle repose pendant la manœuvre du déchargement et du rechargement. Ces appuis ne peuvent pas être établis à demeure; ils doivent au besoin laisser libre le compartiment du puits dans lequel circule la cage; il faut en un mot un système de supports mobiles qu'on puisse à volonté faire saillir dans le puits ou faire rentrer dans ses parois. Ce système est obtenu au moyen de quatre verroux en fer projetés deux par deux en AB et CD, Pl. XI, *fig.* 1. Ces verroux peuvent glisser horizontalement, être poussés vers l'intérieur du puits ou en sens contraire. Leur mouvement est produit à l'aide du levier EF que l'on manœuvre à la main et qui est invariablement lié à un axe horizontal G auquel il communique un mouvement de rotation. Sur cet axe sont fixées deux dents H qui pénètrent dans des cavités que présentent les deux verroux AB. On com-

prend très-bien, sans qu'il soit besoin d'explications plus étendues, que, suivant qu'ont fait tourner l'arbre G dans un sens ou dans l'autre, les verroux AB, conduits par les dents H, glissent horizontalement en avançant ou en reculant.

Les deux verroux CD dépendent de la même manière d'un second axe horizontal I. Il est nécessaire que ce second axe tourne en même temps que le premier, de la même quantité, mais en sens contraire. Son mouvement est déterminé au moyen du levier unique EF, par l'intermédiaire de la tige KL.

Dans l'état habituel des choses, les verroux AB, CD doivent laisser entièrement libre le passage de la cage d'extraction, être rentrés par conséquent dans les parois du puits. Ils sont entraînés et maintenus dans cette position par le contre-poids Q agissant à l'extrémité d'un levier coudé MON dont le point fixe est en O. Lorsque la cage arrive à l'accrochage où elle doit être reçue, le chargeur agit sur le levier EF de manière à détruire l'effet du contre-poids, et il continue l'effort ainsi exercé jusqu'au moment où la cage est posée sur les verroux : il peut alors abandonner le levier, le système est devenu fixe en vertu de la charge et du frottement qui en résulte. Quand ensuite, une fois la manœuvre de l'accrochage terminée, la cage est enlevée par la machine, le contre-poids Q produit aussitôt son effet, et les verroux reprennent leur position normale en dehors des guides.

Si l'on se reporte à la description de la cage d'extraction, on se rappellera que cette cage est à deux étages, l'un à $1^{m},42$ au-dessus de l'autre. Une fois arrêtée en face d'un accrochage, elle reste dans la même position jusqu'à la fin de la manœuvre. Il faut donc que l'ac-

crochage soit lui même double. Les deux chambres qui le composent sont l'une vis-à-vis de l'autre, dans le sens de la plus grande largeur de la cage, et leurs sols ont entre eux l'intervalle de 1^{m},42.

De la position relative de ces deux chambres, il résulte que le déchargement et le chargement s'opèrent par les plus petites faces de la cage. Or c'est précisément sur ces petites faces que se trouvent les longrines faisant fonctions de guides. Ces longrines doivent être interrompues en face de chaque chambre, comme le représente la *fig* 1, pour laisser passage aux wagons de charbon. Par suite de cette interruption, la cage, en circulant devant un accrochage, n'aurait plus que trois points d'appui sur les guides, et ne serait plus assez sûrement conduite. La hauteur de longrine qui manque est remplacée par un guide auxiliaire placé latéralement. Ce nouveau guide consiste en un madrier présentant dans le sens de sa longueur une rainure dans laquelle s'engage un tenon en fer fixé à l'un des angles de la cage. Cette disposition, la même aux accrochages du fond et à la recette du jour, est représentée en coupe horizontale, sur la *fig.* 2, telle qu'elle existe à la surface du sol.

Après ces détails indispensables, nous arrivons à l'accident du 7 octobre 1852.

Profondeur du puits.

L'extraction s'opérait au niveau de 498 mètres. Le puits Tinchon est creusé jusqu'à 540 mètres, et un dernier accrochage a été ouvert à la profondeur de 530 mètres. Mais il n'y a pas encore de travaux en activité à cette profondeur, et la cage d'extraction n'avait jamais à descendre plus bas que 498 mètres. Aussi, pour éviter la manœuvre continuelle des verroux AB, CD à ce niveau, on avait paralysé l'action du contre-poids Q ; les

verroux étaient par conséquent saillants vers l'axe du puits, et d'une manière permanente.

La cage posée en face de l'accrochage de 498 mètres était préparée pour être enlevée par la machine : elle était chargée à l'étage supérieur d'un wagon plein contenant 5 hectolitres de houille; à l'étage inférieur se trouvait un mineur, le nommé Louis Brunet. Le poids total était à très-peu près le suivant : Nature et quotité de la charge.

	kil.
Poids de la cage vide.	530
Poids du wagon vide.	130
Poids de 5 hectolitres de charbon. .	425
Poids d'un homme.	70
	1.155

Le signal du départ est donné. La machine avait à peine commencé son mouvement, la cage n'avait été élevée que de quelques centimètres, lorsque le câble plat en chanvre cassa sur sa bobine, c'est-à-dire suivant la section la plus éloignée de la charge. Le parachute produisit immédiatement son effet. Moment où le câble a cassé.

Le ressort à boudin s'allongea de manière à amener les deux griffes au contact des guides, et ces deux griffes se trouvèrent d'abord engagées en deux points P et R situés au même niveau, le point R étant à une petite hauteur au-dessus de la courbure qui termine inférieurement le guide interrompu pour le service de la chambre supérieure d'accrochage. La cage tombant ensuite d'une hauteur égale à l'extension du ressort à boudin, un choc eut lieu. Le griffe fixée en P fut enfoncée de 33 millimètres dans le guide correspondant. Le second bras du parachute fut chassé comme le premier; mais la longrine dans laquelle il tendait à pénétrer ne pouvant offrir aucune résistance à sa base, il fit sauter l'éclat de bois RS indiquée sur la *fig.* 1 par des hachures, Effets produits par le parachute.

redevint par conséquent libre, et retomba sur le fond de la traverse à coulisse dans laquelle il se meut autour de son point fixe.

Position prise par la cage.

On comprend dès lors que la cage, arrêtée sur un seul des bras du parachute, tourna autour de son point de suspension. Comme, avant la rupture du câble, elle n'avait été élevée que d'une très-petite hauteur, deux de ses pieds vinrent s'appuyer sur les verroux CD. C'est dans cette position qu'elle est représentée sur la *fig.* 1.

Conséquences de l'accident.

Ce premier exemple n'est pas très-concluant quant à l'efficacité de l'appareil de M. Fontaine. D'une part, il n'y avait pas de vitesse au moment où la corde a cassé; de l'autre, des supports fixes, étrangers au parachute, ont agi pour retenir la cage. Mais, à un autre point de vue, l'accident du 7 octobre a permis de constater un résultat dont on doit se féliciter. Il y avait en effet 494 mètres de corde dans le puits, 12 mètres étaient en outre déroulés depuis son orifice jusqu'aux molettes, et 18 mètres entre les molettes et les bobines; il est donc tombé sur la cage 524 mètres de câble. Ce câble, d'une section uniforme dans toute sa longueur, avait une largeur de 0m,14; son épaisseur, primitivement de 0m,03 au moins, avait été réduite par l'usage à 0m,028 environ; il pesait 5 kilogrammes au mètre courant. Les 524 mètres de corde retombés dans le puits et amoncelés sur le chapeau de la cage ont donc produit une charge additionnelle de 2.620 kilogr. Il n'est résulté de ce fait aucun accident. Le mineur Louis Brunet a pu, avec l'aide des ouvriers de l'accrochage, sortir de la cage sain et sauf, et n'a pas même été obligé d'interrompre un seul jour son travail.

S'il s'était trouvé dans un puits organisé comme ils le

sont encore presque tous dans le Nord, et si la corde avait cassé dans les mêmes conditions, il aurait eu à parcourir, en tombant, une hauteur verticale de 42 mètres; dans l'hypothèse où il ne se serait pas tué dans cette chute, il eût été infailliblement écrasé par le câble. Louis Brunet doit donc incontestablement la vie, sinon au parachute seul, du moins à la combinaison du parachute et du nouveau système d'extraction appliqué dans le puits Tinchon.

Durée du service du câble; cause probable de sa rupture.

Quand un câble employé à descendre des hommes vient à rompre, il est utile, dans l'intérêt du service de la mine et des améliorations qu'il comporte, de rechercher la cause de l'accident. La corde qui a cassé sur sa bobine le 7 octobre 1852, servait depuis le 12 mars 1851, c'est-à-dire depuis dix-huit mois et demi. Pour un puits tel que Tinchon, dans lequel l'air frais descend, où il ne tombe pas d'eau, et où l'extraction s'opère avec des guides, c'est-à-dire sans chocs, cette durée n'a rien d'exagéré. Ce n'est pas effectivement par suite de vétusté que la corde a fait défaut. Le chanvre était encore très-sain dans la section de rupture. Il n'y a eu non plus aucun fait exceptionnel susceptible de produire l'accident. Son explication probable est la suivante :

Quand on place les deux câbles pour extraire à une profondeur déterminée, on n'arrive jamais à combiner convenablement du premier coup les noyaux des deux bobines. L'une des cordes se trouve trop longue de quelques mètres; et par suite la cage qu'elle supporte est descendue de quelques mètres trop bas, lorsque l'autre cage est posée à la recette du jour. Il faut donc diminuer la longueur de câble qui pend alors dans le puits : on le fait par tâtonnement en augmentant le dia-

mètre du noyau de la bobine. Pour cela on cloue à sa surface des morceaux de vieille corde plate. Par cette opération, on substitue à une spire régulière, qui serait presque exactement une circonférence, une courbure inégale présentant des aspérités et des ressauts brusques. Lorsque le câble s'enroule ensuite sur cette courbure, précisément par la partie de sa longueur où la tension est à son maximum, il est fortement comprimé contre les parties saillantes du noyau, et doit en quelque sorte se modeler sur elles. C'est là une cause certaine de détérioration, et c'est sans doute à cette cause, en même temps qu'à la charge considérable que la corde supportait habituellement près de la bobine, qu'il faut attribuer la rupture du 7 octobre.

Accident du 11 janvier 1853.

Le second accident du puits Tinchon est arrivé le 11 janvier 1853. Cette fois le parachute a agi d'une manière beaucoup plus décisive.

Charge de la cage.

Quatre mineurs, après avoir terminé leur journée, remontaient dans le puits vers quatre heures du soir; ils étaient placés dans le compartiment inférieur de la cage. Au second étage se trouvait un wagon plein contenant 5 hectolitres de charbon. La charge totale était de 1.365 kilogrammes.

Instant de la rupture du câble.

La cage partait encore de l'accrochage de 498 mètres, et elle avait été élevée de $7^{m},40$, lorsque la corde cassa tout près de la chaîne d'attelage.

Cause de cette rupture.

Le câble, à son extrémité inférieure, est replié sur lui-même sur une longueur d'environ $0^{m},70$ (voir la *fig.* 3), de manière à saisir dans le coude ainsi formé l'anneau supérieur de la chaîne; les deux portions de corde appliquées à plat l'une sur l'autre sont fortement reliées par de longs clous recourbés à l'intérieur du chanvre. Elle forme ce qu'on appelle la patte d'assem-

blage. Le long de cette patte, la roideur du câble est nécessairement beaucoup plus grande que partout ailleurs. Si donc, lorsque la cage est posée soit aux accrochages du fond, soit à la recette du jour, la corde prend du lâche et se plie à son extrémité, la première flexion doit se faire un peu au-dessus de la longueur de la patte. C'est à $0^m,18$ plus haut que cette longueur, précisément à l'endroit du pli, que le câble a cassé. Il avait été placé neuf, le 8 octobre 1852, à la suite de l'accident dont nous avons rendu compte précédemment : il n'avait donc que trois mois et quatre jours de service.

Lorsque la cage d'extraction est encore à l'accrochage de 498 mètres, le noyau de la bobine qui lui correspond a un rayon de $0^m,96$. L'épaisseur du câble plat était de 28 millimètres. Il est facile de voir que l'arbre des bobines commençait sa seconde révolution au moment où, la cage étant élevée de $7^m,40$, la rupture a eu lieu. La corde s'enroulait alors sur un tambour de rayon égal à $0^m,96 + \frac{3}{2} \times 0^m,028$ ou $1^m,002$, et à très-peu près suivant une circonférence de $6^m,29$ de longueur développée. La machine d'extraction fait habituellement 23 oscillations par minute. Les engrenages fixés sur l'arbre de la manivelle et sur celui des bobines ont des diamètres dans le rapport de 2 à 3. L'arbre des bobines fait donc 15,33 tours par minute ou 0,25 tours par seconde. La vitesse ascensionnelle de la cage au moment de l'accident était par conséquent $0,25 \times 6^m,29$ ou $1^m,57$. Elle était encore peu considérable, et le choc produit sur les guides a été peu violent. Vitesse de la cage au moment de l'accident.

Depuis près de deux ans qu'ils sont en service, les coussinets qui glissent sur les longrines se sont usés de 4 millimètres chacun, et la cage a pris du jeu dans le Effet du parachute et position de la cage dans le puits.

sens horizontal ; elle peut obéir sur une plus grande amplitude à un mouvement oscillatoire qui la rapprocherait de l'un des guides en l'éloignant de l'autre. Aussi une seule des deux griffes du parachute a pénétré dans la longrine placée vis-à-vis d'elle, et s'y est enfoncée de 46 millimètres. L'autre griffe n'a fait qu'effleurer le guide qui lui correspond et y tracer superficiellement des stries. La cage s'est donc encore placée obliquement dans le puits ; elle s'est trouvée suspendue sur un seul des bras du parachute, et maintenue par la pression qu'elle exerçait transversalement sur les guides par suite de sa position anormale.

Peu de bruit produit sur le chapeau de la cage.

Depuis la section de rupture du câble jusqu'au bout de la patte, il n'y avait, avons-nous dit, qu'une distance de 0m,88 ; la chaîne d'attelage, telle qu'elle existe actuellement, ne présentait elle-même que 0m,45 de longueur jusqu'au boulon d'attache sur la tige du parachute ; il n'est donc retombé sur la couverture de la cage que 1m,33 de corde et de chaîne, le reste du câble continuant à monter dans le puits. Encore, dans cette chute, la chaîne a dû porter à peine sur la tôle qui forme le chapeau (voir la *fig.* 3). Il y a donc eu très-peu de bruit produit sur ce chapeau.

Les mineurs ne se sont pas aperçus de la rupture du câble.

Il résulte de ces diverses circonstances que les quatre mineurs placés dans le compartiment inférieur de la cage, c'est-à-dire de manière à ne pas voir le parachute et à ne pas pouvoir constater qu'il avait agi, ne se sont pas aperçus de la rupture de la corde. Ils se sont crus arrêtés dans leur voyage par le fait du machiniste, ou à cause de quelque manœuvre à faire à la surface du sol. Ils n'ont connu l'accident auquel ils avaient échappé que lorsque la cage, qui descendait et qu'ils

devaient rencontrer dans le puits, est arrivée à proximité du point où ils étaient arrêtés.

Au moment où la cage qui descendait est arrivée sur celle accrochée sur les guides, il s'est produit un second fait dans lequel le parachute a encore joué un rôle fort heureux. Ce nouveau fait mérite aussi d'être signalé. Suites de l'accident

Nous avons représenté en T, sur la *fig.* 3, la première cage suspendue sur les longrines, celle qui contenait les quatre ouvriers partis de l'accrochage de 498 mètres. La patte du câble, retombée sur le chapeau, au lieu de se placer à plat, s'était posée de champ et du côté où la seconde cage devait passer en descendant. En raison de ses dimensions transversales et de sa roideur, elle occupait ainsi une largeur beaucoup plus considérable que l'espace libre, de 6 centimètres environ, réservé entre les deux cages.

Celle U qui descendait contenait huit hommes appartenant au second poste, quatre à chaque étage. Parvenue à la hauteur du chapeau de la première, et ne trouvant plus la place nécessaire pour passer, elle fut arrêtée sur l'obstacle qu'elle rencontrait. La corde à laquelle elle était liée, continuant son mouvement descendant, et perdant par suite sa tension, le second parachute agit à son tour, retint la cage U sur ses guides, et empêcha ainsi un nouvel accident qui pouvait être très-grave, car la corde, posée de champ, n'était pas en équilibre stable.

Il y eut donc au même moment douze hommes suspendus sur les deux parachutes. Les quatre premiers incontestablement, et les huit autres, peut-être, ont été sauvés par l'appareil de M. Fontaine.

Afin de sortir de la position dans laquelle on se trouvait de part et d'autre, un des huit ouvriers de la

cage U se servit des signaux qui se transmettent par une corde en fil de fer, se prolongeant de la surface du sol jusqu'au fond du puits; il fit ainsi arrêter la machine et changer le sens de son mouvement. La cage U fut donc enlevée au-dessus de l'obstacle qui avait interrompu sa marche, et qu'il fut facile ensuite de faire disparaître. Le mouvement descendant peut alors recommencer, et les quatre mineurs de la cage T furent recueillis dans celle qui se rendait à l'accrochage de 498 mètres; de là, plutôt que d'attendre qu'on pût venir les prendre, après avoir fait au câble la réparation nécessaire, *ils sont immédiatement remontés au jour par les échelles.*

Conclusion. Les deux accidents dont il a été question dans ce rapport concourent, avec beaucoup d'autres, à faire comprendre qu'on doit avoir peu de confiance dans les câbles d'extraction pour descendre et remonter les mineurs dans les puits. Ils démontrent en même temps, le second surtout, l'utilité du parachute de M. Fontaine, et son efficacité pour sauvegarder la vie des hommes. L'appareil n'a pas encore fonctionné avec des ouvriers dans les conditions les plus défavorables; mais il est au moins très-probable que, même dans ces conditions, il agirait encore avec succès. Il ne faut pas, en effet, s'exagérer les conséquences des chocs. Leurs effets possibles peuvent être suffisamment appréciés à l'aide des considérations suivantes.

Appréciation des effets possibles du choc sur les hommes. Si une cage contenant des hommes et animée d'une vitesse V est brusquement arrêtée dans son mouvement descendant, l'effet produit sur les hommes est le même que si, la cage étant immobile, ils atteignaient avec leur masse individuelle et avec la vitesse acquise V le plancher qui les supporte; il est le même.

autrement dit, que s'ils tombaient dans le vide d'une hauteur $h = \frac{V^2}{2 \times 9,81}$.

Ainsi, pour se rendre compte du résultat du choc, il suffit de considérer la vitesse V : si l'on veut choisir les circonstances dans lesquelles il doit être le plus énergique, il faut admettre que la cage descend avec la valeur maximum de V. Dans l'exemple de la fosse Tinchon, et c'est un des meilleurs qu'on puisse trouver, cette valeur maximum est facile à calculer.

Le câble plat, s'enroulant à l'origine du mouvement sur un noyau dont le rayon est $0^m,96$, le nombre n de ses tours, qui correspond à la profondeur de 498 mètres, est déterminée par l'équation

$$2\pi\left(nr + \frac{n^2 e}{2}\right) = 498,$$

dans laquelle r est égal à $0^m,96$, et e représente l'épaisseur du câble, laquelle est de $0^m,028$.

Ce nombre n est de 48,42.

Le rayon de la bobine, après le quarante-huitième tour accompli, est $0^m,96 + 48 \times 0^m,028$ ou $2^m,304$; dans son quarante-neuvième tour, la corde s'enroule en formant une circonférence dont le rayon est

$$2^m,304 + \frac{0^m,028}{2} = 2^m,318,$$

et dont la longueur développée est $14^m,557$. C'est à cette circonférence, dans l'hypothèse où la machine ne ralentirait pas son mouvement, que correspondrait la vitesse maximum de la cage, soit en montant, soit en descendant : elle serait de $0,25 \times 14^m,557$ ou de $3^m,64$.

La hauteur de chute, qui se rapporte à cette vitesse,

est de 0m,67 seulement : elle devrait être augmentée pour compenser les effets de la résistance de l'air, mais elle ne peut jamais l'être de ce fait dans un bien grand rapport. Elle restera donc toujours faible, et il est permis de penser que les hommes n'éprouveraient à la suite du choc aucun accident grave, quel que fût l'instant du mouvement descendant où le câble casse, s'ils pouvaient conserver dans la cage une position convenable, plus ou moins voisine de celle que l'on prend pour sauter d'une certaine hauteur sur le sol. Malheureusement, les mineurs sont obligés de descendre en nombre déterminé, huit à la fois, par exemple, dans un espace assez restreint, et par suite de s'y placer dans une situation forcée plus ou moins anormale. Cette circonstance est évidemment de nature à aggraver l'effet du choc, mais elle ne peut plus être mise à la charge du parachute, et on doit conclure que cet appareil en lui-même est susceptible de rendre de très-bons services.

Observations de M. l'inspecteur général Combes.

Dans les deux accidents du 7 octobre 1852 et du 11 janvier 1853, la rupture du câble a eu lieu pendant que les cages montaient. Ces cages n'ayant point été arrêtées brusquement dans leur mouvement ascensionnel, les hommes ne devaient pas éprouver de choc; et en effet, dans l'accident du 11 janvier 1853, ils ne se sont pas même aperçus de la rupture du câble. Il n'en eût pas été de même, si la rupture avait eu lieu pendant la descente de la cage. Ainsi on ne saurait conclure des

accidents relatés dans la notice précédente, que les ouvriers ne seraient pas blessés plus ou moins grièvement par le choc qui résulterait de l'arrêt brusque d'une cage descendante, par le jeu du parachute de M. Fontaine.

D'un autre côté, deux ruptures de câbles sur la même fosse, *à trois mois d'intervalle*, mettent en évidence soit l'incurie des agents chargés de la surveillance du matériel, soit le défaut de résistance des câbles, eu égard à la tension qu'ils ont à supporter. Dans les mines de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier où les ouvriers montent et descendent à peu près exclusivement par les tonnes, les accidents de rupture de câbles sont très-rares, parce qu'on a soin de les visiter fréquemment, de les remplacer à temps, et qu'ils offent une résistance très-supérieure à l'effort qu'ils ont à supporter.

Il n'est pas inutile de faire observer que les câbles plats de la fosse Tinchon, dont la section totale est de $2,8 \times 14 = 39^{cq},2$, ont à supporter, dans leur partie supérieure voisine des bobines, au moment où les cages chargées quittent la place d'accrochage, une tension de plus de 4.000 kilogrammes, laquelle peut, pour peu que le câble soit mal construit, être inégalement répartie sur les *torons* juxtaposés dont il est formé.

	kil.
La cage chargée pèse en effet.	1.640
500 mètres de câble à 5 kilog. par mètre courant.	2.500
	4.140

C'est une tension de 105 kilog. par centimètre quarré ou de plus d'un kilogramme par millimètre quarré de section, laquelle peut encore être beaucoup augmentée par l'accélération de la masse ascendante au départ; le ralentissement de la masse descendante à l'arrivée est aussi une cause d'augmentation de tension. Il im-

porte beaucoup de savoir si ces tensions ne sont pas trop fortes.

Tout en reconnaissant les services que peuvent rendre les appareils de M. Fontaine et autres du même genre, il serait fâcheux, il est nécessaire de le dire, qu'ils inspirassent une fausse sécurité. Si leur introduction devait avoir pour effet d'induire les exploitants à faire des économies sur les frais d'acquisition, de visite, d'entretien, de remplacement des câbles, leur utilité réelle serait fort douteuse.

EXTRAITS DE CHIMIE,

(TRAVAUX DE 1851 ET 1852.)

Par M. E. RIVOT, ingénieur des mines, professeur à l'École des mines.

Observations sur deux combinaisons nouvelles de la chaux avec les sesquioxydes de fer et de chrome; par M. J. PELOUZE (1).

Ferrite de chaux.

M. Pelouze a observé qu'en précipitant par la potasse caustique une dissolution de sels de chaux et de peroxyde de fer, renfermant les deux bases dans la proportion, de 4 équivalents de chaux pour 3 équivalents de peroxyde de fer, la précipitation des deux bases est complète. Le précipité, d'abord brun, devient entièrement blanc au bout de quelques heures. Il renferme alors une combinaison définie, dont la composition est représentée par la formule



$$Fe^2O^3 + 4\,CaO + Eau.$$

La proportion d'eau n'a pas été déterminée.

La composition est bien démontrée par les circonstances de la production.

En effet, quand on emploie une proportion de chaux plus grande que celle indiquée plus haut, le précipité renferme de la chaux libre, qui peut lui être enlevée par une dissolution de sucre.

Si au contraire la proportion de chaux est plus faible, le précipité renferme un excès de peroxyde de fer, et reste brun.

Le ferrite de chaux, bien qu'il contienne 42 p. 100 de peroxyde de fer, est blanc; il est insoluble dans l'eau pure et dans l'eau sucrée, mais il est décomposé par les acides les plus faibles. Ainsi, en contact prolongé avec l'air, le ferrite de chaux devient brun, par suite de la combinaison de l'acide carbonique avec la chaux, et de la mise en liberté d'une certaine quantité de peroxyde de fer.

Chromite de chaux.

M. Pelouze a obtenu cette combinaison dans les mêmes circonstances, c'est-à-dire en précipitant par la potasse une dissolution de sels de chrome et de chaux, renfermant 2 équivalents de chaux pour 3 équivalents de sesquioxyde de chrome.

---

(1) *Annales de physique et de chimie*, 3e série, t. XXXIII, p. 5.

La précipitation est complète, et le précipité est une combinaison définie :



$$Cr^2O^3 + 2\,CaO + \text{Eau}.$$

Le chromite de chaux est vert, un peu gélatineux, insoluble dans l'eau, dans l'eau sucrée, dans l'ammoniaque et dans la potasse. Il est décomposé par les acides faibles, mais l'acide carbonique de l'air paraît avoir bien moins d'action sur lui que sur le ferrite de chaux.

L'alumine forme avec la chaux, et par voie humide, une combinaison analogue aux deux précédentes.

Recherches sur le mode d'extraire, pour les besoins des arts, l'oxygène contenu dans l'air atmosphérique; par M. BOUSSINGAULT (1).

Quand on fait arriver de l'air sur de la baryte caustique chauffée au rouge sombre dans un tube de porcelaine, l'oxygène est absorbé et la baryte passe à l'état de bioxyde de barium.

Si ensuite on cesse de faire arriver l'air, et si on élève la température jusqu'au rouge vif, le bioxyde de barium abandonne son oxygène et reproduit de la baryte. On peut donc au moyen de la baryte, en chauffant alternativement au rouge sombre dans un courant d'air, et au rouge vif en recueillant le gaz qui se dégage, obtenir de l'oxygène assez pur et à un prix assez modéré, pour qu'on puisse l'employer dans les arts.

M. Boussingault, en étudiant avec soin ce mode de production de l'oxygène, a pu se convaincre que, si on dessèche préalablement l'air, si on lui enlève son acide carbonique, la baryte employée perd assez rapidement la faculté d'absorber l'oxygène ; et que, au contraire, cette faculté reste constante quand on fait arriver l'air non desséché, non purifié de son acide carbonique.

La présence d'une certaine proportion d'humidité est nécessaire à l'oxydation rapide de la baryte chauffée dans l'air.

Quand on a produit du bioxyde de barium par l'oxydation de la baryte dans un tube, on peut dégager facilement l'oxygène sans élever davantage la température, en faisant arriver sur le bioxyde un courant de vapeur d'eau. La décomposition est très-rapide ; on obtient de l'hydrate de baryte, lequel, chauffé ensuite dans un courant d'air assez rapide, abandonne son eau et passe à l'état de bioxyde de barium.

---

(1) *Annales de physique et de chimie*, 2e série, t. XXXV, p. 5.

Ce procédé de décomposition du bioxyde est d'une application assez difficile à cause de la grande fusibilité de l'hydrate de baryte. On ne peut l'empêcher de fondre complétement qu'en mêlant la baryte avec une très-forte proportion de chaux ou de magnésie.

Recherches électro-chimiques sur les propriétés des corps électrisés; par MM. FREMY et E. BECQUEREL (1).

L'action de l'électricité sur l'air atmosphérique et sur l'oxygène a déjà été étudiée par plusieurs savants. — Dès l'année 1785 Van Mazum annonçait que l'oxygène soumis à des étincelles électriques oxydait rapidement le mercure. En 1840 M. Schonbein a publié un mémoire sur l'ozone, corps gazeux obtenu en décomposant l'eau par la pile, ou en mettant l'air atmosphérique longtemps en contact avec du phosphore humide.

Plusieurs chimistes, après avoir reproduit l'ozone l'ont considéré comme de l'acide azoteux ou comme une combinaison très-oxygénée de l'hydrogène, et ont cherché à expliquer ainsi ses propriétés oxydantes énergiques.

MM. Marignac et de la Rive, à la suite d'expériences très-précises, ont annoncé que l'ozone est, non pas un corps particulier, mais simplement de l'oxygène électrisé.

MM. Frémy et Becquerel ont repris les expériences faites jusqu'à présent, en ont disposé de nouvelles, et sont parvenus à transformer complétement en ozone un volume déterminé d'oxygène bien pur, au moyen d'étincelles électriques.

Ils ont par conséquent démontré la justesse de l'opinion de MM. Marignac et de la Rive.

Sur l'influence de l'eau dans les réactions chimiques; par M. H. ROSE (2).

M. le professeur H. Rose vient de publier dans le Recueil allemand de Poggendorf plusieurs mémoires sur le mode d'action de l'eau dans les réactions chimiques.

L'eau peut décomposer les silicates naturels, et plusieurs sels artificiels, provenant de la combinaison de bases et acides énergiques.

Ainsi les bisulfates de potasse et de soude peuvent être facilement ramenés par l'eau à l'état de sulfates neutres. Pour le sel de soude, il suffit de dissoudre dans l'eau, de faire cristal-

---

(1) *Annales de physique et de chimie*, t. XXXV, p. 62 (mai 1852).
(2) *Annales de Poggendorf* (années 1851 et 1852).

liser par une évaporation lente, et de répéter sur les premiers cristaux la dissolution et la cristallisation ; on obtient :



$$2\,NaO\,So^3 + 5\,HO$$

c'est-à-dire le sulfate neutre à 2 1/2 équivalents d'eau.

La décomposition du bisulfate de potasse est un peu plus difficile, mais peut être opérée comme celle du sel de soude.

On obtient fréquemment dans les analyses, et on trouve dans la nature des combinaisons de sels insolubles et de sels solubles, sur lesquelles l'eau ne paraît exercer qu'une faible action; quand ces composés ont été calcinés ils sont au contraire attaqués par l'eau qui dissout plus ou moins complétement le sel soluble.

Action de l'eau sur les bases.

L'eau employée en proportion convenable peut enlever une partie de l'acide aux oxydes métalliques, qui ne sont pas des bases très-énergiques.

L'énergie basique des oxydes métalliques dépend de leur nature et aussi de leur composition atomique. Quand un métal donne lieu à plusieurs bases, l'énergie basique suit l'ordre inverse de la proportion d'oxygène : la base R^2O est plus forte que RO, et celle-ci est plus énergique que R^2O^3.....

Il est assez difficile de comparer les oxydes métalliques sous le rapport de leur propriété basique. On ne peut pas employer les précipitations des oxydes les uns par les autres, parce que la nature de l'acide exerce une trop grande influence sur les résultats. — On a proposé le carbonate de baryte, qui décompose un assez grand nombre de sels, les uns à froid, les autres à l'aide de la chaleur (1).

L'eau peut servir dans le même but.

Parmi les sels formés par les oxydes RO, ceux de mercure, de palladium et d'étain sont seuls décomposés en partie par l'eau.

Tous les sels des oxydes R^2O^3 sont décomposés, au moins partiellement, par l'eau employée en quantité suffisante.

Les sels formés par les oxydes RO^2 sont décomposés encore plus facilement.

Quant aux sels formés par les oxydes R^2O, il n'y a pas décomposition par l'eau, mais les réactions sont troublées presque toujours par les autres affinités chimiques de ces oxydes, notamment par leur tendance à passer à un degré supérieur d'oxydation.

Action de l'eau sur les acides.

L'eau intervient dans un grand nombre de doubles décompositions, et rend inexacte la loi généralement admise, que

(1) L'action du carbonate de baryte sur les dissolutions métalliques est loin d'avoir été étudiée avec le soin convenable. R.

la double décomposition de deux sels neutres donne lieu à deux nouveaux sels neutres.

Ainsi les doubles décompositions produites par les carbonates alcalins donnent presque toujours des hydrocarbonates. En général dans les doubles décompositions faites en présence de l'eau, quand l'un des acides est faible, comme l'acide carbonique, l'acide borique et même l'acide silicique, il peut être partiellement ou même complétement séparé par l'eau, qui se combine à sa place avec les bases.

Action de l'eau sur les carbonates.

On peut obtenir par double décomposition à l'état de carbonates neutres insolubles, les bases fortes telles que la baryte, la strontiane, la chaux, l'oxyde d'argent, l'oxydule de mercure. Dans la dissolution des autres oxydes métalliques les carbonates alcalins précipitent des hydrocarbonates. Cependant la plupart de ces oxydes forment avec l'acide carbonique des sels neutres insolubles dans l'eau, et qui même se font remarquer par la difficulté avec laquelle ils sont attaqués par les acides.

La composition des hydrocarbonates obtenus par précipitation dépend de plusieurs circonstances, et principalement de la quantité d'eau employée. En général, plus les dissolutions sont étendues, plus forte est la proportion de l'hydrate et plus faible celle du carbonate dans le précipité.

L'action de l'eau pour séparer l'acide carbonique des bases s'observe quand on fait bouillir de l'eau tenant en suspension des carbonates neutres naturels, tels que ceux de protoxyde de fer, de magnésie etc..... Il se dégage toujours de l'acide carbonique.

M. H. Rose a examiné la nature des précipités obtenus par l'action des carbonates alcalins sur un certain nombre de dissolutions métalliques, quand on fait varier la proportion du carbonate alcalin, la quantité d'eau et la température. Les analyses ont toutes été faites par M. Weber.

Hydrocarbonate de magnésie.

On a employé des dissolutions contenant du carbonate de soude et du sulfate de magnésie, dans la proportion de 1 atome de chaque base; on a opéré, successivement à froid et à la température de l'ébullition, sur des dissolutions étendues et concentrées.

Les précipités, séchés à 100°, ont des compositions qui se rapportent à la formule



$$4\,MgO\,Co^2 + MgO.\,HO + 4\,HO.$$

Avec le carbonate de potasse, employé dans les mêmes circonstances, les précipités, séchés à 100°, se rapportent à la formule



$$4\,MgO\,Co^2 + MgO.\,HO + 5\,HO.$$

En dissolvant la magnésie blanche dans l'eau à l'aide de l'acide carbonique, puis faisant cristalliser par évaporation lente, on obtient le carbonate neutre hydraté ; séché à 100°, il a pour composition :



$$MgO\ Co^2 + HO.$$

Ce carbonate, chauffé dans l'eau, se transforme en hydrocarbonate :



$$4\ MgO\ Co^2 + MgO\ HO + 4\ HO.$$

Le carbonate neutre $MgO\ Co^2 + HO$, chauffé progressivement jusqu'à 300°, perd la presque totalité de l'eau et de l'acide carbonique, tandis que les précipités, donnés par les carbonates alcalins, n'abandonnent à 300° que très-peu d'acide. Le mode de production a donc une influence notable sur la facilité de décomposition par la chaleur.

La magnésite, ou carbonate neutre de magnésie naturel, de Baumgarten, en Silésie, ne perd pas d'acide carbonique à la température de 300°.

Hydrocarbonates de manganèse.

Les précipités produits dans une dissolution de sulfate neutre de manganèse par le carbonate de soude, séchés à 100°, se rapportent aux compositions suivantes :



$$11\ MnO + 10\ Co^2 + 5\ HO,$$

quand on opère à froid, et

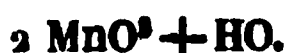


$$8\ MnO + 7\ Co^2 + 3\ HO,$$

quand on fait bouillir.

L'emploi d'une grande quantité d'eau ne paraît pas avoir une influence bien notable sur la composition du précipité.

Séchés à 200°, les hydrocarbonates de manganèse perdent la totalité de l'acide, et se transforment en hydrate de peroxyde



$$2\ MnO^2 + HO.$$

Hydrocarbonates de plomb.

Quand on mélange une dissolution de carbonate alcalin avec une dissolution de plomb, on obtient un précipité qui renferme de l'eau, et qui contient moins d'acide carbonique qu'il n'en faudrait pour le carbonate neutre.

Séché à l'air, à 100°, le précipité perd son eau, attire l'acide carbonique de l'air et passe à l'état de carbonate neutre.

En opérant sur des liqueurs étendues et concentrées, on obtient, à froid :



$$6\ PbO + 5\ Co^2 + HO \text{ —— } 7\ PbO + 6\ Co^2 + 2\ HO,$$

et à l'ébullition :



$$4\ PbO + 3\ Co^2 + HO \text{ —— } 6\ PbO + 5\ Co^2 + HO.$$

Hydrocarbonates de cuivre.

On trouve dans la nature deux hydrocarbonates de cuivre :

La malachite, $CuO\ Co^2 + CuO.\ HO$;

Le carbonate bleu, $2\ CuO\ Co^2 + CuO.\ HO$.

En précipitant une dissolution de sulfate de cuivre par du carbonate de soude, en employant toujours 1 atome de chacun des deux sels, on obtient, dans des liqueurs étendues et froides, un précipité qui, séché à 100°, a pour composition :



$$CuO\,CO^2 + CuO.\,HO.$$

Par l'ébullition on chasse la presque totalité de l'acide carbonique.

Le bicarbonate de soude se comporte à peu près comme le carbonate neutre.

Le carbonate de potasse, employé en excès, donne, dans les dissolutions de cuivre, un précipité bleu qui retient un peu de carbonate de potasse.

Si on fait agir à la température d'ébullition 1 atome de carbonate de potasse sur 1 atome de sulfate de cuivre, dans une dissolution un peu concentrée, on obtient un précipité vert d'hydrocarbonate :



$$CuO\,CO^2 + CuO\,HO.$$

Cet hydrocarbonate, soumis à une température progressivement élevée, perd facilement son acide carbonique; à 150°, il se transforme lentement en 6 CuO + HO. Mais, pour enlever complétement l'eau, il faut chauffer jusqu'à 300°.

Une dissolution de sulfate de cobalt, précipitée par du carbonate de soude, donne un hydrocarbonate qui paraît se rapporter à la formule : **Hydrocarbonates de cobalt.**



$$2\,CoO\,CO^2 + 3\,CoO.\,HO + HO.$$

Mais comme le précipité renferme toujours une proportion notable d'acide sulfurique, il est impossible d'indiquer sa composition exacte.

En employant un excès de carbonate de potasse, on peut obtenir le carbonate double :



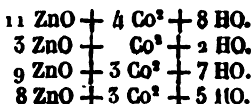
$$KO\,CO^2 + 2\,CoO\,CO^2 + 9\,HO.$$

Les dissolutions de nickel se comportent comme celles de cobalt.

En précipitant un sel neutre de zinc par un carbonate alcalin, on obtient des combinaisons assez mal définies de carbonate et d'hydrate, retenant l'acide carbonique par une affinité très-faible. **Hydrocarbonates de zinc.**

En desséchant les précipités à une température inférieure à 100°, on leur enlève une proportion notable d'acide carbonique.

M. Weber a obtenu :



$$11\,ZnO + 4\,CO^2 + 8\,HO.$$
$$3\,ZnO + CO^2 + 2\,HO.$$
$$9\,ZnO + 3\,CO^2 + 7\,HO.$$
$$8\,ZnO + 3\,CO^2 + 5\,HO.$$

En décomposant le sulfate de zinc par un grand excès de bicarbonate de soude, et laissant le précipité en repos pendant plusieurs mois, on obtient des cristaux qui, séchés à 100°, ont pour composition :



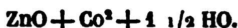
$$5\,ZnO + 4\,Co^2 + HO.$$

Dans une expérience faite sur plusieurs kilogrammes de sels, on a obtenu :



$$3\,ZnO + 2\,Co^2 + HO.$$

Enfin, en employant le bicarbonate de potasse, M. Weber a obtenu le carbonate neutre :



$$ZnO + Co^2 + 1\,1/2\,HO.$$

Ce carbonate neutre, chauffé progressivement jusqu'à 200°, perd son eau, mais retient l'acide, tandis que les hydrocarbonates perdent entièrement l'eau et l'acide à 200°.

Hydrocarbonates de cadmium. Bien que l'oxyde de cadmium soit une base assez faible, les carbonates alcalins produisent, dans les dissolutions de cadmium, des précipités dont la composition se rapproche beaucoup de celle du carbonate neutre. Pour étudier les précipités, il faut les produire par le carbonate de potasse, ceux donnés par le carbonate de soude étant trop difficiles à laver. On obtient, dans des liqueurs froides concentrées ou étendues :



$$10\,CdO\,Co^2 + CdO.\,HO + (2\text{ ou }5.)\,HO.$$

A l'ébullition, le précipité n'a pas la même composition quand on opère dans des liqueurs étendues ou concentrées : dans le premier cas on obtient :



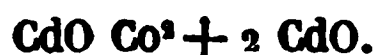
$$50\,CdO\,Co^2 + 9\,CdO\,HO + 12\,HO;$$

dans le second :



$$50\,CdO\,Co^2 + 6\,CdO\,HO + 11\,HO.$$

L'oxyde de cadmium paraît avoir une grande affinité pour l'acide carbonique; car si on chauffe progressivement, au contact de l'air, l'hydrate blanc précipité par la potasse, il perd son eau au-dessous de 300°, en absorbant l'acide carbonique, et produisant :



$$CdO\,Co^2 + 2\,CdO.$$

Cette combinaison ne perd entièrement l'acide qu'au rouge vif.

Oxyde d'argent. L'oxyde d'argent a très-peu d'affinité pour l'eau, et par double décomposition on obtient toujours le carbonate neutre anhydre.

Remarques. Les bases fortes, la baryte, la strontiane, la chaux, donnent toujours des carbonates neutres, quand on précipite leurs dissolutions par les carbonates alcalins.

Cependant, au rouge, leurs carbonates sont décomposés par la vapeur d'eau, ainsi que l'ont démontré les expériences de Priestley Gay-Lussac, Jacquelain, etc.

Sur les combinaisons des carbonates métalliques avec les carbonates des alcalis fixes et d'ammoniaque; par M. H. SAINTE-CLAIRE-DEVILLE. Première partie (1).

M. Deville a étudié avec grand soin les carbonates doubles qui peuvent se former, quand les carbonates alcalins sont mis en présence des sels métalliques : il a comblé par là une lacune d'autant plus regrettable, que les carbonates alcalins sont souvent employés dans les laboratoires et dans les fabriques de produits chimiques.

M. Deville démontre :

1° Que l'influence des bicarbonates alcalins peut souvent déterminer la combinaison de l'acide carbonique avec les oxydes métalliques, dans des proportions analogues à celles que présente la nature;

2° Que les bicarbonates de potasse et de soude n'agissent pas toujours de la même manière.

Les combinaisons doivent être obtenues en versant les dissolutions métalliques dans une dissolution plus ou moins concentrée des carbonates alcalins, et laissant digérer dans la liqueur le précipité gelatineux, qui se produit d'abord. Il change peu à peu d'aspect et devient cristallin; il faut alors le séparer de la liqueur au moyen de la porcelaine dégourdie et du papier à filtre, et l'analyser.

M. Deville a employé, pour les analyser, un appareil composé essentiellement :

D'un tube de verre, dans lequel le sel à analyser est placé dans une nacelle en platine;

Des appareils ordinaires, destinés à absorber l'eau et l'acide carbonique, qui se dégagent par suite de la calcination du carbonate double;

D'un flacon aspirateur, destiné à modérer le dégagement du gaz, de manière que l'eau et l'acide carbonique puissent être bien complétement absorbés par les appareils à ce destinés;

Des appareils servant à faire passer à travers le tube de verre, pendant et après la calcination, des courants d'azote et d'hydrogène, nécessaires pour faciliter le dégagement de l'eau et de l'acide carbonique, pour empêcher l'action oxydante de l'air, ou pour réduire les oxydes métalliques pour les dosages.

---

(1) *Annales de physique et de chimie*, 3e série, t. XXX, p. 75.

Opération. — L'appareil étant monté, et toutes ses parties bien pesées, on chauffe progressivement à la lampe à alcool la partie du tube qui renferme le carbonate double; quand la décomposition est terminée, on balaye le tube avec un courant d'air ou d'azote, bien privés d'eau et d'acide carbonique; puis on pèse de nouveau les différentes parties.

Les augmentations de poids des appareils destinés à doser l'eau et l'acide carbonique doivent correspondre à la perte de poids du tube de verre.

En chauffant de nouveau le tube dans un courant d'hydrogène, on réduit l'oxyde métallique, et la perte de poids, dans l'expérience, indique la proportion de cet oxyde. Du reste, M. Deville ne s'est pas borné à ce dosage rapide, il a toujours déterminé directement la proportion du carbonate alcalin et de l'oxyde métallique.

Les résultats annoncés par M. Deville sont les suivants :

Carbonates doubles formés par la magnésie.

En employant le chlorure de magnésium et le bicarbonate de potasse, on obtient des cristaux qui ont la forme de prismes rhomboïdaux obliques, dont la composition est représentée par la formule :



$$KO\ 2\ Co^2 + MgO\ Co^2 + 9\ HO.$$

Quand on chauffe doucement ces cristaux on leur enlève facilement l'eau et une partie de l'acide carbonique, et on les transforme en carbonate double neutre :



$$KO\ Co^2 + MgO\ Co^2,$$

lequel, soumis à une température plus élevée, laisse dégager l'acide carbonique combiné avec la magnésie.

En faisant digérer pendant douze à quinze heures, à la température de 60°, de la magnésie blanche dans une dissolution de bicarbonate de potasse, il se produit de petits cristaux prismatiques, qui ont pour composition :



$$Ko\ Co^2 + MgO\ Co^2 + 4\ HO.$$

En employant le bicarbonate de soude au lieu du sel de potasse, on ne parvient pas à produire le carbonate double, mais bien seulement le carbonate de magnésie hydraté :



$$MgO\ Co^2 + 4\ HO.$$

En faisant digérer, à 60°, de la magnésie blanche dans une dissolution de carbonate de soude, on obtient des cristaux presque anhydres, auxquels on peut attribuer la composition :



$$NaO\ Co^2 + MgO\ Co^2.$$

Carbonates doubles formés par l'oxyde de cobalt.

En employant une dissolution de nitrate de cobalt et une dissolution de bicarbonate de potasse, M. Deville a obtenu une poudre cristalline :



$$KO\ 2\ Co^2 + CoO\ Co^2 + 9\ HO,$$

tandis que, avec le sesqui carbonate de potasse, il se produit des cristaux assez gros de carbonate neutre double, hydraté :

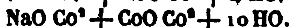


$$Co^2 Ko + Co^2 CoO + 4\ HO.$$

Le sesquicarbonate de soude permet d'obtenir deux combinaisons cristallisées :

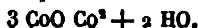


$$NaO\ Co^2 + CoO\ Co^2 + 4\ HO.$$



$$NaO\ Co^2 + CoO\ Co^2 + 10\ HO.$$

Le bicarbonate de soude ne donne pas de carbonate double, mais seulement le sel simple :



$$3\ CoO\ Co^2 + 2\ HO.$$

Carbonates doubles formés par l'oxyde de nickel.

Le bicarbonate de potasse et le nitrate de nickel donnent des cristaux d'un vert clair dont la composition est :



$$KO\ 2\ Co^2 + Ni\,O\ Co^2 + 9\ HO.$$

En faisant agir le sesqui carbonate au lieu du bicarbonate alcalin, en obtient le sel neutre :



$$KO\ Co^2 + NiO\ Co^2 + 4\ HO.$$

Avec le bicarbonate de soude on obtient peu de sel double cristallisé, mais avec le sesquicarbonate on peut avoir de beaux cristaux verts, dont la composition se rapproche beaucoup de la formule :



$$NaO\ Co^2 + NiO\ Co^2 + 10\ HO.$$

Carbonates doubles formés par l'oxyde de zinc.

L'oxyde de zinc forme bien plus difficilement des carbonates doubles que les oxydes considérés jusqu'ici. M. Deville a obtenu, en employant les sesquicarbonates de soude et de potasse, les deux sels :



$$3\ NaO\ Co^2 \times 8\ Zn\ OCo^2 + 8\ HO.$$

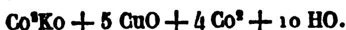


$$4\ Ko\ Co^2 + 6\ Zn\ O + 7\ Co^2 + 8\ HO.$$

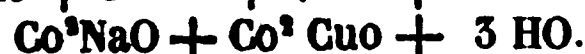
M. Deville a constaté, dans ses analyses, que l'oxyde de zinc résiste à l'action réductive du gaz hydrogène

Carbonates doubles formés par l'oxyde de cuivre.

L'oxyde de cuivre ne forme pas de carbonates doubles avec les bicarbonates alcalins. M. Deville n'a réussi à obtenir que les deux composés :



$$Co^2 Ko + 5\ CuO + 4\ Co^2 + 10\ HO.$$



$$Co^2 NaO + Co^2\ Cuo + 3\ HO.$$

Des carbonates métalliques et de leurs combinaisons avec les carbonates alcalins et ammoniacaux.

Seconde partie (1).

Dans ce second mémoire, M. Deville établit que le bicarbonate d'ammoniaque, mis en présence des dissolutions métal-

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XXXV, p. 438.

liques, se comporte en général comme le bicarbonate de potasse, en donnant lieu à des carbonates doubles dans certains cas; cependant il laisse cristalliser, comme le bicarbonate de soude, des carbonates simples, neutres et hydratés.

Réactions des bicarbonates de soude et d'ammoniaque avec les dissolutions métalliques.

Actions du bicarbonate de soude.

Avec les dissolutions de magnésie, il produit le sel neutre hydraté :



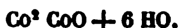
$$Co^2\,MgO + 3\,HO.$$

Le nitrate de cobalt, versé dans une dissolution concentrée de bicarbonate de soude, donne des produits différents, suivant qu'on opère à la température de 20 à 25° ou bien à une basse température. Dans le premier cas on obtient :



$$3\,(Co^2CoO) + 2\,HO,$$

et dans le second :

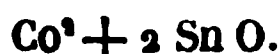


$$Co^2\,CoO + 6\,HO.$$

Le nitrate de nickel se comporte comme le sel de cobalt : le carbonate produit retient avec plus de force une certaine proportion de carbonate de soude, dont il est difficile de déterminer l'état, soit de simple adhérence, soit de combinaison.

Le nitrate de zinc, versé dans une dissolution saturée de bicarbonate de soude, donne toujours lieu à un dégagement abondant d'acide carbonique et à un précipité d'hydrocarbonate de zinc.

Le protochlorure d'étain, mis en cristaux dans une dissolution saturée de bicarbonate de soude, produit un dégagement abondant de gaz acide carbonique, et quand on ferme le flacon en temps convenable pour produire dans l'intérieur une certaine pression, un précipité cristallin, dont la composition est représentée par la formule :



$$Co^2 + 2\,Sn\,O.$$

Actions du bicarbonate d'ammoniaque.

Quand on verse une dissolution de nitrate de cobalt dans une dissolution saturée de bicarbonate d'ammoniaque, on obtient des produits dont la composition varie un peu avec la température.

A 18° on obtient :



$$Co^2\,CoO + Az\,H^4O\,2\,CO^2 + 9\,HO,$$

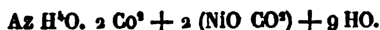
tandis que à 0° on a :



$$Co^2\,CoO + Az\,H^4O\,2\,Co^2 + 12\,HO.$$

Le nitrate de nickel donne un précipité qui, par une longue digestion dans le bicarbonate d'ammoniaque, se transforme

d'abord en un carbonate neutre de nickel et ensuite en carbonate double :



$$AzH^4O.\ 2\,CO^2 + 2\,(NiO\ CO^2) + 9\,HO.$$

Le sulfate de magnésie donne lieu à des produits assez instables, dont l'état d'hydratation dépend de la température :



$$\text{à } 18^\circ \quad AzH^4O.\ 2\,CO^2 + 2\,MgO.\ CO^2 + 9\,HO.$$



$$\text{à } 0^\circ \quad AzH^4O.\ 2\,CO^2 + 2\,MgO.\ CO^2 + 12\,HO.$$

Avec les sels de zinc le bicarbonate d'ammoniaque ne produit jamais de sels doubles ; on obtient toujours le sel :



$$2\,(CO^2\ ZnO) + HO.$$

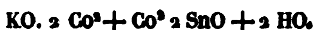
Les sels de cuivre ne donnent pas lieu non plus à des carbonates doubles.

Le protochlorure d'étain, mis en cristaux dans une dissolution saturée de bicarbonate d'ammoniaque, produit un vif dégagement d'acide carbonique. Si on maintient dans le flacon une pression suffisante, on obtient des petits cristaux, du sel double :



$$AzH^4O.\ 2\,CO^2 + CO^2\ 2\,SnO + 3\,HO.$$

Dans les mêmes circonstances, et en opérant avec le bicarbonate de potasse, on peut obtenir :



$$KO.\ 2\,CO^2 + CO^2\ 2\,SnO + 2\,HO.$$

Des combinaisons de l'acide borique et de l'eau avec les oxydes métalliques; par M. H. Rose (1).

Après avoir étudié les combinaisons qui se produisent par l'action des carbonates alcalins sur les dissolutions métalliques, M. H. Rose examine la nature des précipités formés par le borate neutre de soude et par le borate ordinaire ou borax.

Précipitation des sels de chaux par le borate neutre de soude. — Quand on mélange à froid deux dissolutions de borate de soude ($NaO\ BO^3 + 8\ HO$) et de chlorure de calcium, contenant des atomes égaux de chaque sel, dissous dans 12 p. d'eau, une partie de la chaux reste dans la liqueur, le précipité est du borate de chaux hydraté. Il est notablement soluble dans l'eau et ne peut pas être lavé. Après l'avoir comprimé à plusieurs reprises entre des feuilles de papier à filtre, et séché à 100° c., M. H. Rose lui a trouvé la composition : Sels de chaux.

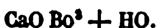


$$CaO\ BO^3 + 2\,HO,$$

(1) *Annales de Poggendorf*, vol. 86, p. 561 ; t. LXXXVII, p. 1.

en tenant compte des sels contenus dans les dissolutions et entraînés dans la précipitation, ainsi que de l'acide carbonique attiré pendant le séchage.

Le même précipité, soumis à la température de 200°, perd la moitié de son eau, il est ramené à :



$$CaO\,Bo^3 + HO.$$

A 300° il perd encore de l'eau et devient :



$$2\,(CaO\,Bo^3) + HO.$$

La nature du précipité reste la même quand on le lave à l'eau froide avant de le sécher, seulement une grande partie est dissoute.

Précipitation des sels de chaux par le borax.—Les précipités, formés dans les sels de chaux par le borate de soude ordinaire, peuvent être considérés comme des combinaisons de biborate de chaux et d'hydrate de chaux. Ils sont notablement solubles dans l'eau, et n'attirent pas l'acide carbonique de l'air. Quand on met en présence des dissolutions, renfermant atomes égaux des deux sels, la précipitation de la chaux n'est que partielle.

Première expérience. Deux dissolutions contenant atomes égaux de chlorure de calcium et de borax, dissous chacun dans 12 p. d'eau, sont mélangées à froid ; le précipité est comprimé entre des feuilles de papier à filtre, puis séché à 100° ; sa composition est représentée par la formule :

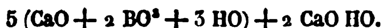


$$5\,(CaO + 2\,Bo^3 + 3\,HO) + CaO\,HO + HO.$$

Soumis pendant quelque temps à la température de 200°, il perd 2 HO ; à 300° il perd encore 1/2 HO. Au rouge, il abandonne toute son eau, et donne $3\,CaO + 5\,Bo^3$.

La nature du précipité ne change pas quand on le lave à l'eau froide, laquelle en dissout une assez forte proportion.

En répétant la même expérience à la température de l'ébullition, on obtient un précipité d'une composition un peu différente, et auquel M. H. Rose assigne la formule :



$$5\,(CaO + 2\,BO^3 + 3\,HO) + 2\,CaO\,HO.$$

En mélangeant deux dissolutions contenant atomes égaux de chlorure de calcium et d'acide borique, dissous chacun dans 50 p. d'eau, on n'obtient pas de précipité. Si l'on ajoute de l'ammoniaque, la liqueur se trouble et laisse déposer, au bout d'un certain temps, le sel :



$$2\,(CaO + 2\,BO^3\,3\,HO) + CaO.\,HO.$$

Sels de baryte.

Précipitation par le borate neutre de soude. — Le chlorure

de barium se comporte absolument comme le chlorure de calcium. En mélangeant à froid deux dissolutions contenant atomes égaux de chlorure de barium et de borate neutre de soude, dissous chacun dans 12 p. d'eau, on obtient un précipité, soluble dans l'eau, attirant l'acide carbonique de l'air; il a pour composition:



$$BaO.\,BO^3 + HO.$$

En opérant à la température de l'ébullition, on obtient un précipité, qui renferme un peu moins d'eau que n'en indique la formule:



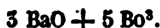
$$BaO.\,Bo^3 + 2\,HO.$$

Précipitation par le borax. — En répétant avec le chlorure de barium l'expérience précédemment indiquée pour le chlorure de calcium, on obtient le précipité:



$$5\,(BaO + 2\,Bo^3 + 2\,HO) + BaO.\,HO + HO.$$

Il perd seulement HO quand on le soumet à la température de 200°, et 2 HO à 300°. Au rouge, il perd toute son eau, et devient:

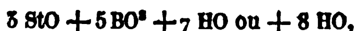


$$3\,BaO + 5\,Bo^3.$$

Il est à remarquer que la composition du précipité reste la même quand on opère à froid, ou à la température de l'ébullition, ou encore quand on lave à l'eau pure avant de le sécher.

Sels de strontiane.

Le chlorure de strontium, traité dans les mêmes proportions par le borax ordinaire, donne le précipité:



$$3\,StO + 5\,BO^3 + 7\,HO \text{ ou } + 8\,HO,$$

suivant qu'on opère à la température ordinaire, ou à l'ébullition. Le précipité ne perd complétement son eau qu'au rouge.

Sels de magnésie.

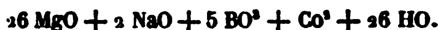
Les sels de magnésie ne sont pas précipités par le borax; ils le sont partiellement par le borate neutre de soude, et le précipité est soluble dans un excès de sel de magnésie et dans l'eau pure et froide.

Première expérience. On mélange à froid deux dissolutions, contenant atomes égaux de sulfate de magnésie et de borate neutre de soude, dissous dans 12 p. d'eau; on lave le précipité à l'eau froide, qui en dissout la majeure partie, et cependant ne peut pas enlever toute la soude. On le sèche ensuite à 100°; sa composition est très-complexe, car l'analyse conduit à la formule:



$$22\,MgO + 3\,NaO + 10\,BO^3 + 36\,HO.$$

Si l'on fait bouillir la liqueur filtrée, elle se trouble et laisse déposer le sel:



$$26\,MgO + 2\,NaO + 5\,BO^3 + Co^2 + 26\,HO.$$

En répétant cette expérience, on n'arrive pas deux fois à la même composition, ce qui prouve bien que les précipités obtenus sont des mélanges, et non pas des combinaisons définies.

En employant le borax au lieu du borate neutre de soude, on n'obtient de précipité qu'à l'ébullition. Les précipités sont très-complexes, et paraissent contenir la magnésie presque entièrement à l'état d'hydrate.

Woehler, en faisant bouillir le mélange des deux sels, laissant ensuite refroidir, de manière à ce que le précipité, formé à chaud, pût se redissoudre, faisant ensuite cristalliser, a obtenu le sel :



$$6\,MgO + 5\,Bo^3 + 48\,HO.$$

Il se forme un peu plus tard des cristaux d'un borate double de soude et de magnésie, entièrement soluble dans l'eau, et dont la composition est, d'après Rammelsberg :



$$NaO.\,Bo^3 + 2\,(MgO.\ 2\,BO^3) + 30\,HO.$$

De ce qui précède, il résulte que la magnésie n'a pour l'acide borique qu'une très-faible affinité.

Sur les alliages, considérés sous le rapport de leur composition chimique ; par M. A. LEVOL (1).

M. Levol cherche, dans son mémoire, à éclaircir une question importante :

Les alliages des métaux sont-ils des combinaisons définies, mélangées avec un excès de l'un des métaux employés, dont un refroidissement trop rapide ne permet pas la séparation? Ou bien les métaux peuvent-ils se combiner entre eux en toute proportion?

M. Levol considère spécialement les alliages d'argent et de cuivre.

Historique. Jusqu'au milieu du siècle dernier, on a cru à l'homogénéité parfaite des alliages d'argent et de cuivre. Crammer et Jars (1774) furent les premiers qui annoncèrent l'hétérogénéité des alliages à bas titre, et indiquèrent la *prise d'essai à la goutte*, dans l'alliage fondu, comme seul moyen d'obtenir exactement la richesse de toute la masse.

Vers 1825, l'hétérogénéité des alliages à haut titre fut bien

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XXXVI, p. 193.

constatée par les nombreuses expériences, faites sous la direction de M. Darcet, pendant les années 1824-25.

M. Darcet arriva à cette conclusion : que les alliages sont toujours hétérogènes; que les matières à bas titre sont moins riches au centre, et que celles à haut titre sont au contraire plus riches au centre.

Il annonça également que la prise d'essai à la goutte est le seul moyen d'arriver à une évaluation exacte de la richesse d'un alliage d'argent et de cuivre.

M. Levol a étudié un certain nombre d'alliages de cuivre et d'argent, de compositions atomiques déterminées, coulées dans de petites lingotières sphériques, en fonte, avec un jet assez long pour que le refroidissement de la sphère se fît avec lenteur. Il a déterminé pour chaque alliage la richesse des différentes parties.

Il a trouvé que l'alliage Ag^3+Cu^4, dont le titre est 718.32, est bien homogène après refroidissement lent; cette homogénéité a été constatée non-seulement sur les petites sphères d'essai, mais encore sur un lingot de 22 kil., fabriqué spécialement à ce titre. Sa densité est 9.9045 : en la calculant d'après les proportions des deux métaux, on arriverait au nombre 9.998.

L'homogénéité permet de conclure que l'alliage est une combinaison bien définie des deux métaux.

Pour les autres proportions essayées, les lingots sphériques ont toujours présenté une notable hétérogénéité, ce qui prouve qu'ils sont des mélanges de l'un des métaux en excès avec la combinaison définie.

Pour les alliages moins riches que la combinaison Ag^3+Cu^4, le centre des sphères est toujours moins riche que les parties extérieures. — L'inverse a lieu pour les alliages à un titre plus élevé.

L'alliage à 950 présente une liquation assez faible; mais l'alliage à 900, qui sert aux monnaies, présente des différences fort notables dans la richesse de ses différentes parties.

Enfin M. Levol a constaté que jamais les lames, dans lesquelles on découpe les flancs, ne sont homogènes, et que la différence des titres des deux extrémités peut dépasser 3 millièmes.

Décomposition de l'ammoniaque par la chaleur ;
par M. BOUET-BONFILL (1).

M. Bouet-Bonfill annonce avoir décomposé très-facilement le gaz ammoniac, à la température du rouge sombre, en le faisant passer à travers un tube de porcelaine rempli de chaux caustique, en très-petits fragments. La chaux paraît agir seulement par contact, et détermine la décomposition bien complète du gaz ammoniac en azote et en hydrogène.

M. Bouet-Bonfill recommande ce procédé pour la préparation du gaz hydrogène pur, notamment pour celui qui doit servir aux réductions des oxydes métalliques, la présence de l'azote étant sans inconvénient pour ces réductions.

---

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XXXVI, p. 225.

BULLETIN.

DEUXIÈME SEMESTRE 1852.

Sur les mines d'argent du Cerro de Pasco et les mines d'or de la province de Caravaya (Pérou).

Les mines du Cerro de Pasco ont rendu, pendant l'année 1851, 235.700 marcs de *pigna* (amalgame d'argent. Chaque marc se vendant en moyenne 8 piastres (40 fr.), la valeur totale a été de 9.428.000 francs, somme qui dépasse de 80.000 francs la production métallique de 1850. Cette bonification d'une année sur l'autre est le résultat d'une meilleure entente du travail des mines et aussi de l'emploi de quelques machines à vapeur appliquées aujourd'hui à l'épuisement des eaux qui avaient progressivement envahi quelques-unes des mines ouvertes par les Espagnols et demeurées inexploitées depuis l'émancipation de cette ancienne vice-royauté. Il est reconnu par tous ceux qui s'occupent sérieusement de cette branche de la richesse nationale du Pérou que la production annuelle du minéral doublerait et triplerait même, si le gouvernement (ainsi que le laisseraient espérer les expressions du premier message du président Echenique), se décidait à supprimer le droit d'exportation qui pèse d'une manière si évidemment préjudiciable sur l'industrie métallurgique; je sais bien qu'on objectera que cette mesure seule ne suffirait pas, et que l'absence de bras serait encore un puissant obstacle à un plus grand développement du rendement; mais on ne saurait nier que l'économie qui résulterait pour les possesseurs des mines d'une suppression du droit de sortie pourrait être utilement employée par eux à attirer des colons, européens ou autres.

Indépendamment des mines d'argent du Cerro de Pasco, il existe également des mines d'or dans la province de Caravaya, mais jusqu'à présent l'exploitation en est encore très-restreinte faute de travailleurs. Le gouvernement a envoyé l'année der-

nière un ancien élève externe de l'École des mines de Paris, explorer plusieurs provinces, et les rapports de cet ingénieur ont constaté que le Pérou, sous le rapport de la richesse minérale, n'a rien à envier à aucun autre pays.

(*Extrait d'une dépêche de M.* DE RATTI-MENTON, *consul général de France au Pérou. 17 janvier 1852.*)

Sur la production de l'or en Californie.

L'or continue à être le seul produit à peu près qui s'expédie de la Californie. Les quantités figurant, à la sortie, sur les registres de la douane dans le cours de 1851, se répartissent ainsi :

	Piastres.		
Janvier	2.929.888	*Report*	17.196.822
Février	2.278.923	Juillet	3.491.245
Mars	2.871.667	Août	3.311.100
Avril	3.454.600	Septembre	3.488.171
Mai	2.518.494	Octobre	6.828.876
Juin	3.143.250	Novembre	2.115.689
		Décembre	5.011.002
A reporter	17.196.822	Total	41.422.885
		En francs	207.114.424

A l'exception d'une valeur de 4.858.800 francs environ expédiée par bâtiments à voiles, à destinations diverses, tout l'or précité figurait sur les manifestes des bateaux à vapeur, desservant les deux lignes de Panama et de San Juan del Sur.

Le chiffre précité de 41.422.885 dollars ne représente pas l'extraction en or de toute la Californie pendant l'année 1851, et il y a lieu de le grossir encore; en effet, suivant les registres de la monnaie de Philadelphie, on y aurait déposé, dans les six premiers mois de 1851, pour être converties en espèces monnayées, des quantités d'or bien supérieures à celles figurant sur les manifestes des bateaux à vapeur de Chagres et de Nicaragua, pendant la même période.

Voici les unes et les autres en regard :

	Or déposé à la monnaie de Philadelphie.	Or porté sur manifestes, entrée de New-York.
Janvier	4.940.000 piast.	2.478.239 piast.
Février	2.860.000	781.428
Mars	2.634.000	1.970.843
Avril	2.785.506	1.993.692
Mai	3.205.600	2.128.565
Juin	3.570.600	1.561.114
Totaux	19.995.706	10.913.881

D'où vient cette grande supériorité de l'or déposé à la monnaie de Philadelphie sur celui déclaré à l'entrée de New-York? Le premier chiffre, qui l'emporte sur le second presque de moitié, ne saurait s'expliquer qu'en supposant que les passagers venus à bord eussent sur leur personne des quantités d'or qui n'auraient pas été portées sur manifeste. Mais comment évaluer ces quantités? Le seul moyen, c'est évidemment de rechercher le nombre des passagers arrivés à New-York pendant la période qui correspond à ces déclarations d'entrées.

Il résulte d'un examen attentif des journaux de New-York qu'il serait arrivé dans cette ville, venant de Chagres, 3.400 passagers pendant les mois d'avril, mai et juin de 1851. Or nous venons de montrer que l'or, déposé à la monnaie de Philadelphie, pendant la même période, avait atteint le chiffre de 9.561.706 piastres, ce qui, déduction faite de la quantité figurant sur manifeste, donnerait une moyenne de 1.200 piastres par passager.

En prenant pour point de départ ce chiffre, nous arrivons aux résultats suivants, qui nous aideront à atteindre notre but, c'est-à-dire à fixer le chiffre de l'extraction totale de la Californie, en or, pendant l'année 1851.

Et d'abord, tout l'or expédié de la Californie n'est pas à destination de New-York.

Pour se convaincre de ce fait, il suffit de mettre en regard les quantités portées sur les manifestes d'entrée, à New-York et sur les manifestes de sortie, à San Francisco. Voici le double terme de comparaison :

	Sortie de San Francisco.	Entrée à New-York.
Décembre 1850	2.800.000 piast.	2.478.239 piast.
Janvier 1851	2.929.888	781.428
Février	2.278.923	1.970.843
Mars	2.809.129	1.993.692
Avril	3.306.000	2.128.565
Mai	2.488.494	1.561.114
Juin	3.063.000	2.129.811
Totaux	19.675.434	13.043.892

On voit par ce tableau que la quantité figurant sur les manifestes d'entrée à New-York est au-dessus des deux tiers du montant réel déclaré à la sortie de San Francisco. Il est cependant plus que probable qu'une somme égale à la différence est arrivée dans les États atlantiques par la ligne des bateaux à vapeur établie entre Chagres et la Nouvelle-Orléans. Sur les

manifestes de ces bateaux, on voit bien figurer une certaine quantité de poudre d'or, mais les indications que nous possédons, à cet égard, sont trop vagues et trop incomplètes pour que nous puissions en tirer une conclusion précise ; nous savons seulement qu'on a déposé à la monnaie de la Nouvelle-Orléans, en or de la Californie, pendant les mois de mai et juin derniers les quantités ci-après :

Mai.	678.815 piast.
Juin.	480.408
	1.159.223

Nous avons précédemment montré, en comparant les quantités déposées à la douane de Philadelphie à celles importées à New-York, pendant une période de six mois, que les onze vingtièmes seulement ou un peu plus de la moitié figurent comme fret, c'est-à-dire sur les manifestes. Admettons que le rapport soit le même à la Nouvelle-Orléans, et nous arriverons au résultat suivant :

Quantités déclarées à l'entrée de New-York, aux mois de mai et juin.	3.689.679 piast.
Onse vingtièmes de la quantité déposée à la monnaie de la Nouvelle-Orléans représentant la poudre d'or importée en fret.	635.582
Total.	4.325.261

formant le montant des quantités arrivées dans les États atlantiques en fret pendant ces deux mois, tandis que les sommes expédiées à San Francisco par bateaux à vapeur étaient :

Avril.	3.306.000 piast.
Mai.	2.488.494
Total.	5.794.494
Total des quantités arrivées dans les États atlantiques pendant ces deux mois, ci. .	4.327.261
Différence, ci.	1.467.233

laquelle somme formant plus du quart de la quantité totale portée sur manifeste a été expédiée à la douane de San Francisco, pendant les deux mois précités, sans avoir été débarquée dans les États atlantiques.

Des chiffres précédents nous sommes en droit de tirer les conclusions suivantes :

1° Que les quantités de poudre d'or figurant sur les manifestes des navires à leur sortie de San Francisco ne représentent que les trois quarts environ de l'importation totale aux États-Unis ;

2° Que le montant en valeur de la poudre d'or déposée à la douane de Philadelphie est presque deux fois plus fort que celui des quantités déclarées à l'entrée de New-York ;

3° Que les passagers arrivés à New-York de la Californie avaient une moyenne de 1.200 piastres en poudre d'or.

Ces chiffres serviront puissamment à nous diriger dans nos recherches sur la production totale de la Californie en or pendant l'année 1851.

Ainsi qu'il est dit ci-dessus, le montant total de la poudre d'or déclarée à la douane de San Francisco, du 1er janvier au 31 décembre 1851, est de 41.422.965 piastres, chiffre qui se grossit des quantités emportées sans déclarations par les passagers rentrant dans leurs pays respectifs.

Or, voici quel a été le mouvement des passagers à la sortie, depuis le commeneement jusqu'à la fin de 1851 :

Janvier. . . .	2.605	dont	2.000	par bateaux à vapeur.
Février. . . .	1.767	—	1.408	—
Mars.	1.584	—	1.390	—
Avril.	1.510	—	1.410	—
Mai.	1.440	—	1.341	—
Juin.	1.421	—	1.286	—
Juillet.	1.691	—	25	—
Août.	2.097	—	1.890	—
Septembre. .	2.428	—	1.900	—
Octobre. . . .	3.346	—	1.800	—
Novembre. .	3.337	—	1.750	—
Décembre. : .	2.415	—	2.000	—
Totaux. .	25.657	—	18.272	—

	Piastres.
Les quantités totales déclarées à la sortie pour l'année 1851 ont atteint, avons-nous dit, le chiffre de, ci.	41.422.885
Le nombre des passagers étant de 25.657 et la moyenne d'or importée etant de 1.200 piastres par passager, ci.	30.788.285
en sus de l'or déclaré, il s'ensuit que le total de l'or exporté de San Francisco dans le cours de 1851 s'élève au chiffre de.	72.211.170

Quelque élevé que paraisse ce chiffre, il est encore au-dessous de la réalité, et il y a lieu de le grossir des trois sommes suivantes :

1° Échantillons au *spécimen* en or gardés par les mineurs eux-mêmes ou achetés à San Francisco et qui n'entrent pas dans la circulation, évalués à	1.000.000

2° Monnaies frappées à San Francisco à l'établissement dit : Bureau de contrôle, et circulant dans la Californie, à.	fr. 4.000.000
3° Or emporté par terre par des Mexicains sonoriens, etc., ou par des Américains fixés dans l'Orégon, à.	4.000.000
En tout, pour le chiffre représentant l'extraction totale en or pendant l'année 1851.	81.211.285
Soit en monnaie de France.	406.056.425

Des renseignements puisés auprès des principales maisons de banque et de commission de San Francisco, concordent parfaitement avec le résultat ci-dessus ; toutes s'accordent à dire que l'extraction en 1851 peut s'estimer de 80 à 90 millions de piastres, si toutefois elle n'a pas atteint le chiffre de 100 millions.

Il serait superflu de s'arrêter ici sur l'importance d'un tel élément venant s'ajouter, dans l'espace de douze mois, aux espèces qui forment la base de notre système monétaire. Il faudrait être placé à Paris ou à Londres pour apprécier l'influence que ce fait pourra exercer sur la vie commerciale de toutes les nations civilisées.

Ce qu'il y a de certain, c'est que le même fait est destiné à se reproduire souvent et dans une proportion plus forte encore.

Les entreprises organisées dans le but d'extraire et de broyer le quartz n'ont obtenu que des résultats insignifiants, soit par suite de l'imperfection de leurs procédés, soit par manque de capitaux. Mais cet état de choses ne saurait durer ; on est parfaitement fixé aujourd'hui sur l'étendue des gisements de quartz aurifères en Californie, lesquels forment pour ainsi dire trois grandes vagues parallèles au pied de la chaîne de la Sierra Névada, depuis le 36° degré de latitude nord, jusqu'au 41°. La richesse moyenne du quartz ne paraissant guère au-dessous de 3 *cents* (sous) la livre, et son extraction et son traitement n'entraînant qu'une dépense de trois quarts de *cent*, il s'ensuit qu'on peut espérer obtenir des résultats énormes par cette grande industrie.

Il faut convenir néanmoins que les dépôts les plus accessibles s'épuisent vite en Californie. Il y a trois ans, le travailleur isolé obtenait aisément une moyenne de 80 francs par jour ; pendant l'année qui vient de s'écouler, la moyenne n'a été que

de 20 francs pour une journée de travail dans les placers; l'année prochaine, elle sera moindre encore, jusqu'au moment où l'émigrant venu en Californie trouvera un avantage égal à se livrer à l'agriculture ou à reprendre son ancien état d'artisan. La recherche de l'or deviendra alors une grande industrie manufacturière, exigeant une force collective, des machines et des capitaux, et ne pourra se poursuivre qu'à cette triple condition.

Déjà même nous semblons toucher à ce moment, puisque la journée de travail ne se paye plus à San Francisco que 4 et même 3 piastres pendant certaines saisons de l'année; aussi les matelots, les jardiniers, les domestiques commencent-ils à se montrer plus accommodants, grâce à ce changement de disposition, les travaux agricoles se poursuivent activement, non-seulement aux environs de San Francisco, mais sur un grand nombre de points à l'intérieur, dans le voisinage même des placers. En légumes surtout la production est tellement active qu'elle suffit ponr alimenter la consommation locale, fait qui a amené subitement la suspension des envois que nous faisaient Sydney, les Sandwich, le Pérou, en denrées alimentaires de cette nature. Quel que soit le bon marché des produits similaires arrivés de ces points, la supériorité de ceux de la Californie est tellement grande que la concurrence est devenue tout à fait impossible. La pomme de terre de la Californie surtout est bien supérieure à tout ce qu'on peut produire ailleurs.

La Californie est toujours tributaire des autres pays pour ses farines et ses graines de toute espèce; mais cet état de choses paraît aussi à la veille de se modifier profondément. Jusqu'ici on n'a pu se livrer à des travaux agricoles en grand, par suite de l'incertitude qui planait sur toutes les propriétés; mais depuis que la commission nommée pour statuer sur les questions de titres a commencé ses travaux on a repris confiance; maintenant on laboure et on sème en grand, et bien que le pays manque généralement d'eau, la fertilité du sol est telle qu'on pourra espérer arriver, moyennant l'emploi d'un bon système d'irrigation, aux plus importants résultats. L'avenir du pays gît là plutôt que dans ses mines de quartz ou dans ses placers.

Sans doute, on sera privé longtemps d'un débouché extérieur où l'on puisse verser le trop plein des produits agricoles. La Chine ainsi que le Mexique n'en auront pas besoin; les ar-

chipels divers du Pacifique aussi bien que la Nouvelle-Hollande pourront s'en passer, à quoi bon donc produire, puisque les débouchés vont manquer? La Providence, qui n'a pas voulu que ce stimulant manquât à l'industrie de l'homme a pris soin, elle-même, d'y pourvoir. Le rôle que jouent, dans certaines contrées d'Europe, ces deux grands éléments, la houille et le fer, les mines de quartz vont le jouer ici; elles serviront à faire pousser, si je puis m'exprimer ainsi, des centres de consommation à côté des centres de production, et les villes déjà importantes de Névada, de Grass Valley, de Sonora, où le quartz aurifère commence à se traiter sur une grande échelle, remplaceront pour la Californie, Manchester, Leeds, Saint-Étienne, Lille, etc.

(*Document adressé par M.* DILLON, *consul de France à San Francisco.* 30 *avril* 1852.)

Sur l'exploitation du diamant dans la province de Bahia (Brésil).

On vient d'apporter de cette ville un très-gros diamant provenant des mines de la Chapada et qui est, de beaucoup, le plus beau de ceux qu'ont fournis les mines de la province de Bahia.

Ce diamant pèse 87 carats 1/2; c'est un octaèdre peu régulier et il a un défaut qui doit nuire à sa valeur. Il a été vendu sur les lieux par un nègre pour un *conto de reis* (environ 3.000 francs), puis revendu peu de jours après pour 9 contos; apporté à Bahia, il y trouva aussitôt un acquéreur au prix de 30, et on en offre aujourd'hui 50 contos ou environ 150.000 fr.

L'état des mines est cependant peu prospère, les diamants y sont rares et à des prix élevés; les pierres les plus ordinaires valent 150.000 reis (430 francs); l'octava et les belles, de 300 à 400.000 reis (900 à 1.200 francs).

(*Renseignements transmis par M.* DE CASTELNAU, *consul de France à Bahia.* 11 *mai* 1852.)

Note sur l'issue d'un incident relatif à l'exploitation de l'émeri dans l'île de Naxos.

On se rappelle le procès que soutenait le gouvernement grec contre un sujet anglais qui prétendait avoir le droit d'ex-

ploiter des terrains à émeri dont il avait fait l'acquisition dans l'île de Naxos. La cour d'appel d'Athènes, qui avait été saisie de l'affaire, avait rendu un jugement interlocutoire portant que le fisc grec devrait prouver que sous la domination turque, le gouvernement seul possédait le droit de faire exploiter les mines de Naxos.

Le gouvernement grec a été mis en position de produire les preuves qu'on réclamait de lui, et la cour d'appel vient de rendre un jugement définitif qui donne complétement gain de cause à l'administration hellénique, et qui condamne même le sujet anglais demandeur à une amende assez forte. Une décision contraire aurait eu des conséquences très-fâcheuses pour le trésor, puisque par suite du droit reconnu à tout propriétaire d'exploiter les mines de Naxos, il se serait vu privé d'un revenu considérable.

(*Note transmise par M.* Forth-Rouen, *chargé d'affaires de France à Athènes.* 27 *mai* 1852.)

Renseignements sur la production en or, argent et cuivre des mines de Copiapo (Chili).

L'exploitation de l'argent en barres, produit des mines de Copiapo, qui n'était, en 1839, que de 123.862 marcs, après avoir progressivement augmenté pendant les années suivantes jusqu'à 309.373 marcs, chiffres de l'année 1849, s'est élevée, en 1850, jusqu'à 401.490 marcs, et n'a baissé en 1851 à 348.375 marcs que par suite des événements politiques qui ont interrompu les travaux pendant les quatre ou cinq derniers mois de l'année; mais elle a pris, en 1852, un essor encore plus grand que jamais, et, quoique je ne puisse préciser le chiffre de l'exportation du premier semestre, il est certain qu'il sera de beaucoup supérieur à celui des mêmes mois de 1850 et 1851.

L'exportation de l'or en poudre et du cuivre en saumons a suivi à peu près la même progression.

Toutefois, si cet accroissement de production et d'exportation se réduisait à l'or et à l'argent en barres, ainsi qu'au cuivre en saumons, cela nous importerait assez peu, et ne profiterait guère à notre navigation à laquelle ce mode ne procure que peu de chargements; mais cet accroissement est le

même pour les minerais et *relaves* d'argent, excellent objet de retour pour les navires, et dont le commerce anglais profite à peu près seul.

Ainsi l'exportation des minerais d'argent qui n'était en 1845 que de 2.069 quintaux, et qui a augmenté progressivement pendant les années suivantes jusqu'en 1850 où elle a été de 6.645 quintaux, s'est élevée tout à coup en 1851 à 20.306 quintaux ; c'est-à-dire que cet article a fourni un chargement commode et un bon frêt à plus de quinze navires d'un fort tonnage : et les relaves d'argent, c'est-à-dire certaines portions de minerais que les mineurs chiliens dédaignent comme n'ayant qu'une teneur trop basse, et dont il existe, par cette raison des masses amoncelées depuis nombre d'années dans la province de Copiapo, de même qu'au Pérou et en Bolivie, n'ont pas donné, aussi en 1851 à l'exportation par navires anglais et américains moins de 21.281 quintaux, lorsqu'en 1846 l'exportation de ce gence de produit n'avait été que de 11 quintaux pour essais. Ces essais pratiqués en Angleterre, n'ayant d'abord laissé que des résultats incertains, l'exportation arrêtée en 1847 et 1848, recommença en 1849, mais fut seulement de 160 quintaux. En 1850 elle s'éleva, par suite de l'empoi des meilleurs procédés à 785 quintaux, et enfin, en 1851, à 21.281 quintaux, fait qui ne permet plus de douter du bénéfice réel que donne en Angleterre le traitement de ces sortes de métaux.

Voilà donc un seul produit chilien qui a fourni à la navigation anglaise des chargements de retour pour près de cinquante navires d'un fort tonnage rien que pour l'année 1851 ; et comme ces minerais et relaves se trouvent en immense quantité, non-seulement au Chili, mais au Pérou et en Bolivie, nul doute que le moyen de les traiter avantageusement en Angleterre étant trouvé, les Anglais n'en continuent l'importation chez eux, non moins au profit de leur industrie que dans l'intérêt de leur navigation. Je dois faire observer toutefois que l'établissement, qui a eu lieu l'année dernière d'un chemin de fer du port de Capiapo au centre des mines de cette riche province, donne un très-grand avantage à l'exportation des minerais chiliens sur ceux de la Bolivie et du Pérou, qu'il serait la plupart du temps difficile d'utiliser autrement qu'en les traitant sur place à cause de la difficulté et de la cherté des transports.

Comment se fait-il que la France, où la science de la miné-

ralogie et de la métallurgie n'est certainement pas en retard sur l'Angleterre, ne prenne aucune part à une exploitation qui serait aussi avantageuse pour elle sous tant de rapports?

Comment nos spéculateurs, nos capitalistes et nos industriels reculent-ils devant un emploi probablement aussi fructueux et aussi sûr de leur industrie et de leurs capitaux?

Voilà ce qui ne saurait s'expliquer que par l'ignorance où l'on serait en France des faits qui viennent d'être exposés.

(*Extrait d'une dépêche de M.* Blanchard, *consul de France à Valparaiso*, 26 *juin* 1852.)

Sur la production des métaux précieux en Russie.

Le Journal des mines de Saint-Pétersbourg a publié dans sa dernière livraison le relevé du mouvement des métaux précieux à l'hôtel des monnaies de Saint-Pétersbourg en 1851. J'ai résumé les chiffres rapportés par le journal précité, et j'en ai dressé le tableau ci-joint. J'ai pensé qu'au point de vue de la question de la production générale des métaux précieux, le relevé ci-joint pourrait ne pas paraître dépouvu d'intérêt.

D'après M. de Tegobowski (*Études sur les forces produtives de la Russie*), le produit en or pur de toutes les mines de la Russie (tant de celles de la couronne que de celle des parti culiers) avait été

En 1845 de 1.372 pouds.
En 1846 de 1.657 pouds.
En 1847 de 1.826 pouds.
En 1848 de 1.731 pouds.

D'après le relevé ci-joint, ce produit n'aurait été en 1851 que de 1.432 pouds (le poud vaut 16,38 kilog.). Il résulte de cette comparaison que le produit de l'exploitation des mines d'or de la Russie a éprouvé une diminution qui a d'autant plus d'importance qu'elle doit sans nul doute être attribuée, sinon à la dépréciation de l'or sur les marchés européens, du moins à l'effet de la concurrence des exploitations de mines d'or en Californie et en Australie.

L'exploitation de l'argent, bien moins importante en Russie que celle de l'or, est au contraire en progrès. Le relevé ci-joint accuse en 1851 une production de 1.371 pouds pour les mines

d'argent de l'Altaï et de Nertschincks, chiffre bien supérieur à celui des années précédentes. Ce fait, que je ne puis aujourd'hui que signaler, sans l'accompagner d'aucun commentaire, sera, je crois, curieux à suivre dans ses développements. En effet, lorsque la production annuelle de l'or en Europe et en Amérique était évaluée jusqu'à la fin de l'année 1847 à 50.000 kilogrammes, la Russie en fournissait à elle seule près des trois cinquièmes. Aujourd'hui que cette puissance est déchue de ce rang si élevé dans l'échelle de la production de l'or, tendrait-elle à reporter les travaux des mineurs de la Sibérie sur l'exploitation de ses gisements de minerais d'argent? C'est une question que j'indique, et dont le temps et l'expérience peuvent seuls nous donner la solution.

(*Voir* le tableau à la page suivante)

Relevé des quantités d'or et d'argent entrées à l'hôtel des monnaies de Saint-Pétersbourg en 1851.

NATURE ET ORIGINE DES MÉTAUX.		POIDS NET. OR. Pouds.	Livres.	Zolotniks.	Doly.	Kilogr.	ARGENT. Pouds.	Livres.	Zolotniks.	Doly.	Kilogr.	VALEURS en ESPÈCES MONNAYÉES:
Or allié d'argent	des usines de la couronne.	227	16	82	17	21.552,576	13	26	89	12	1.947,306	OR.
	des usines des particuliers de l'Oural.	186	25	94	63		15	34	58	57		19.558.225 roubles.
	des usines des particuliers de l'Altay.	966	19	60	54		84	1	89	41		78.232.900 francs.
	de diverses provenances. .	2	13	49	85		»	12	38	83		—
Or pur.	de diverses provenances. .	»	29	3	2	11,950	»	»	»	»	»	ARGENT.
Argent allié d'or	des usines de la couronne.	42	13	3	10	1.901,864	960	7	71	2	17.732,271	1.248.083 roubles.
	des usines des particuliers.	»	24	11	89		14	34	80	10		4.992.332 francs.
	de diverses provenances. .	5	37	90	56		107	19	66	23		
Argent pur. . . .	de diverses provenances. .	»	»	»	»	»	169	29	85	61	2.780,679	
Totaux.		1.432	20	20	88	23.466,390	1.371	7	49	1	22.460,256	

Le poud. . . . . = 40 livres. ‖ Le zolotniks . . = 96 doly.
La livre. . . . . = 96 zolotniks. ‖ Le poud. . . . . = 16.38 kilogr.

Sur les gîtes houillers du Daghestan.

Les gîtes houillers nouvellement découverts dans le Daghestan sont situés sur le territoire de Tabasseran, district de Kaïtahsk, dans la vallée de Hana-Sirgah, à deux jours de marche de Derbent.

La couche mise à nu a 0m.23 à 0m,29 d'épaisseur sur une étendue de 30 *sagènes* quarrées (1.350 hectares).

On a découvert dans le voisinage du bourg de Hana-Sirgah sept couches de houille de l'épaisseur de 0m,12 à 0m,38.

L'exploitation sur place reviendra par poud à 4 copecks 1/2 (1f,10 les 100 kilogrammes).

D'après des essais comparatifs faits sur le bateau-poste *le Kouba*, la consommation par heure est de 421 kilogrammes avec le charbon de Kaïtahsk, tandis qu'elle est seulement de 369 kilogrammes avec l'anthracite de Grouchevskova.

Mais l'on doit espérer que lorsque l'exploitation de ces gisements se fera sur une échelle plus grande et à une plus grande profondeur, on obtiendra pour la navigation de la mer Caspienne de la houille plus pure et en plus gros morceaux.

Grâce aux mesures prises par le prince Woronsof, l'exploitation des gîtes houillers de Kaïtahsk se développe activement. Nous aurons bientôt quelque 25.000 pouds (409.500 kilogr.) de disponibles. Il est regrettable que la rade de Derbent ne soit pas favorable à l'embarquement du charbon sur les bateaux à vapeur, par suite du peu d'abri qu'elle offre à ces navires, et à la première occasion on devra envoyer sur des barques tout le charbon de Derbent à Bakou ; les frais de transport n'en élèveront le prix de revient à Bakou qu'à 25 kopp. par poud (6f,08 les 100 kilogrammes), tandis que l'anthracite de Grouchevskova revient à Astrakan à 30 ou 35 kopeck le poud (de 7f,32 à 8f,54 les 50 kilogrammes).

(*Extrait de la* Gazette du commerce de Russie, *du 16 août* 1852.)

Sur des recherches de houilles faites aux environs de Soukoulog (gouvernement de Perm).

A la suite de recherches provoquées par le gouvernement russe, on a découvert l'an dernier un gisement de houille près

de Soukoulog, ville de l'arrondissement d'Ekatherinbourg, gouvernement de Perm. Depuis lors des fouilles ont été faites sur onze endroits différents, en suivant toujours le cours de la Pichma, sur laquelle est bâti Soukoulog; elles ont toutes donné d'excellents résultats.

Ce fait est très-important pour le développement de l'industrie métallurgique dans le gouvernement de Perm; aussi, quoique les quantités de houilles extraites jusqu'ici du bassin de la Pichma soient encore peu considérables, je crois devoir citer le relevé qui a été publié ces jours derniers par un journal de Saint-Pétersbourg.

Du 1er septembre dernier au 1er janvier de cette année, on a extrait des gîtes houillers :

Houille en morceaux.	10.794 pouds	(176.805 kilog.)
Menu.	2.700 pouds	(44.226 kilog.)
En tout.	13.494 pouds	(221.084 kilog.)

Le prix de revient sur la mine a été évalué en moyenne à 3,4 copecks par poud (0f,82 les 100 kilogrammes); les éléments de ce prix de revient se répartissent ainsi :

Aux ouvriers.	Salaire.	49.75 p. 100
	Nourriture. . . .	32.50
Outils.		23.24
Chevaux.		4.51
Total.		100.00

En appliquant aux houilles de la Pichma l'échelle de graduation en usage dans les exploitations houillères de l'Europe occidentale, c'est-à-dire en admettant que la valeur du charbon gros, moyen ou menu, soit comme 1 1/2 : 1 : 1/2, le prix de revient de la houille de la Pichma se trouve être :

Pour la 1re qualité,	de 5,1	copecks par poud	(1f,26 les 100 kil.)
— 2e —	3,4	—	(0f,75 —)
— 3e —	1,7	—	(0f,28 —)

Dans un pays où la main-d'œuvre est encore à si bon marché, ces prix sont certainement beaucoup trop élevés; mais il n'est pas douteux que si la demande de la houille augmente, comme cela ne peut manquer d'arriver, le mode actuel d'exploitation par les paysans de la couronne, si défectueux sous tous les rapports, ne soit amélioré et que le prix de revient de la houille ne diminue considérablement.

Une très-faible partie de la houille extraite du bassin de la Pichma a été employée à des usages domestiques; la plus

grande quantité a été consommée dans les forges d'Ekatherinbourg, dont la prospérité dépend aujourd'hui nécessairement de l'exploitation plus ou moins avantageuse et économique des gîtes houillers découverts dans leurs environs.

(*Renseignements transmis par* M. DE VALLAT, *consul de France à Saint-Pétersbourg*; 17 *août* 1852).

Nouvelles recherches de l'or dans la province de Cumana (Vénézuéla).

Une mine d'or a été reconnue à deux lieues de Carupano, dans la province de Cumana, près d'une autre mine d'or déjà en exploitation et connue sous le nom *del Grand Pobre*, dans un canton où s'est établie depuis plusieurs années une colonie de Français, la plupart natifs de l'île de Corse. La mine se trouve dans un terrain où l'eau et le bois abondent; elle est par conséquent facile à exploiter. Les essais faits par un ingénieur allemand, sur les terres qui se trouvent à la superficie du sol, paraissent avoir donné la certitude que le métal s'y trouve en assez grande quantité pour donner de beaux bénéfices aux exploitants, et en conséquence, le 20 du mois passé, un contrat a été conclu entre cet ingénieur, les propriétaires du sol et divers actionnaires, pour l'organisation d'une compagnie d'exploitation.

(*Note transmise par M. le consul de France à Caracas.* 5 *septembre* 1852.)

Sur le produit des mines métalliques de l'Espagne pendant l'année 1849.

Un décret du 26 août dernier porte que les *plombs argentifères* dont l'exportation était soumise à des droits et prohibée même lorsqu'ils contiennent une quantité d'argent de la proportion d'une once et 4 gros et au-dessus, par quintal, jouiront désormais de l'exemption de tout droit quelconque à la sortie, quelle que soit la quantité d'argent qui s'y trouve contenue.

Cette disposition, bien que prise dans l'intérêt de l'industrie métallurgique de la province de Carthagène, n'est pas indifférente à celle du Guipuscoa, où l'on trouve plusieurs mines de

plomb, et notamment une mine de plomb argentifère aux environs d'Oyarzun en exploitation. Le décret du 26 août donnera peut-être une certaine activité aux recherches et à l'exploitation des mines de plomb.

Je n'ai pu jusqu'ici, sans doute en raison du peu de ressources de cette localité, me procurer des données statistiques sur les mines de l'Espagne, ou seulement des Provinces Basques, antérieures à l'année 1849. A cette époque, les mines de toute espèce, découvertes sur la superficie entière de l'Espagne, étaient au nombre de 6.465; mais 785 seulement étaient exploitées et 5.680 abandonnées ou en chômage.

Sur les quantités extraites en 1849, des 785 mines en exploitation, l'industrie métallurgique a livré au commerce :

Plomb	618.228	quintaux.
Fer malléable	341.424	
Fonte	313.704	
Mercure	18.474	
Cuivre	13.483	
Zinc	5.499	
Sulfate de soude	3.775	
Couperose	3.665	
Soufre	1.292	
Laiton	1.350	
Litharge	472	
Alun	402	
Régule d'antimoine	150	
Étain	96	

Les mines d'or et d'argent ont produit dans la même année :

Argent	99.403	marcs.
Or	46	marcs.

(*Renseignements transmis par M. le gérant du consulat de France à Saint-Sébastien*, 6 *septembre* 1852.)

Note sur l'extraction de la houille des mines de la couronne dans le gouvernement d'Ekatherinoslaw.

L'extraction de la houille dans les terres domaniales du gouvernement d'Ekatherinoslaw remonte à la fin du dix-huitième siècle. La première concession en forme date cependant de l'année 1820. Depuis cette époque le nombre des concessions s'est accru d'année en année, malgré la permission accordée aux paysans de la couronne d'extraire librement du combustible des terrains houillers. On évalue à 2 millions de pouds

(près de 33 millions de kilogrammes) les quantités de houille extraites des mines de 1820 à 1825, tant par les concessionnaires que par les paysans de la couronne. Mais dans les quatre années suivantes, de 1825 à 1827, le chiffre des extractions s'est à peine élevé à 181.000 pouds (2 964 780 kilog.), diminution notable qui n'avait d'autre cause que l'inondation des puits et l'ignorance des paysans à se garantir de l'invasion des eaux.

La houille ne se vendait, par suite de l'extrême difficulté des transports, qu'au prix de 1 1/4 copeck le poud (0f,28 à 0f,30 les 100 kilogr.). On n'a pas de données exactes sur les résultats de l'exploitation de la houille pendant les trente dernières années; mais on sait que cette exploitation s'est faite par les paysans d'une manière très-irrégulière; ils ne creusaient ordinairement qu'à une profondeur de 2 brasses et s'arrêtaient dès qu'ils rencontraient de l'eau. Ils étaient absolument dépourvus des connaissances et des ressources nécessaires pour mener à bien cette exploitation. Dans le but de remédier à ces inconvénients, le département de l'agriculture envoya en 1842 quelques paysans de la fonderie de Lugansk à l'école des mines de Licitschansk, et dès 1846 ces mêmes paysans pourvus des instruments et des ustensiles nécessaires ont été renvoyés aux mines de houille de d'Ekatherinoslaw, pour instruire à leur tour les paysans qui y travaillaient et pour les aider à découvrir de nouveaux gisements de combustible. Pour faciliter la vente de la houille, le ministre des domaines a, d'après les renseignements fournis par le prince de Woronzoff, gouverneur général de la Nouvelle-Russie, fait établir un chemin de transport qui part des mines de Bachmut, traverse le village d'Alexandroff où il se bifurque pour gagner d'un côté Berdjansk et de l'autre se rendre depuis le Dnieper, au-dessous des cataractes, près de la ville d'Alexandre, au passage de Kitchkas. Le premier de ces chemins ne traverse que des terrains de la couronne et est déjà terminé; l'autre dont le tracé a été établi sur des propriétés particulières est en construction et sera bientôt terminé.

Aujourd'hui on extrait de la houille dans plusieurs localités du district de Bachmut; les exploitations les plus considérables sont celles de Chelesnoy, de Nikitoff et de Schtscherbinoff. Les élèves de l'école de Licitschansk ont déjà découvert en outre, dans le voisinage de Slawenocerbsk, de nouveaux gisements de

houille que l'on dit très-riches. Les paysans de la couronne ne payent rien pour l'extraction de la houille dans les terres qui appartiennent au gouvernement, mais en vertu d'un arrangement avec les communautés des villages, ils ont à acquitter un droit de 2 1/2 copecks par 10 pouds de houille (0f.61 par 1.000 kilog.). Depuis 1844, l'administration des villages tient à cet égard une comptabilité qui sert à contrôler le chiffre des extractions de houille.

Voici d'après le produit de ce droit municipal, les quantités de houilles extraites des mines de 1844 en 1848.

En 1844, 100.000 pouds (1.638.000 kilog.).
En 1845, 38.000 pouds (622.440 kilog.).
En 1846, 70.000 pouds (1.146.600 kilog.).
En 1847, 96.000 pouds (1.572.480 kilog.).
En 1848, 271.000 pouds (4.438.980 kilog.).

Le prix de la houille qui a monté depuis quelque temps, est aujourd'hui de 3 copecks le poud (de 0f,72 à 0f,72 les 50 kilog.) au pied de la mine. A ce prix on évalue le bénéfice réalisé par les paysans de la couronne pendant les cinq dernières années de 1844 à 1848, à 17.186 roubles (68.744 francs).

D'après des expériences faites à Odessa, Sevastopol, et dans d'autres villes de la Russie méridionale, 40 pouds (655 kilog.) de houille du gouvernement d'Ekatherinoslaw équivalent à une corde cubique de bois à brûler; il résulterait de cette donnée que dans les cinq dernières années on aurait économisé 14.322 cordes cubiques de bois à brûler : c'est déjà un résultat d'une certaine importance dans un pays où le bois à brûler fait généralement défaut.

(*Extrait d'une dépêche de M.* DE VALLAT, *consul de France à Saint-Pétersbourg.* 13 *octobre* 1852.)

Tableau indiquant la teneur des minéraux argentifères de la province d'Alger.

ESPÈCES DES MINÉRAUX.	TENEUR par quintal métrique. en cuivre.	en argent.
1° MINERAIS DE CUIVRE.	kil.	gr.
Cuivre gris de Mouzaïa. Variété friable du filon d'Aumale. . .	40,0	98
— — en cristaux allongés de Nemours, nord.	39,9	100
— — en cristaux tétraèdres de Nemours, nord.	39,8	103
— — compactes à cassure résineuse.	40,2	100
— — pulvérulent du filon interm. (Nemours).	40,0	116
— — minerai trié des blocs épars.	24,7	80
Cuivre gris de Ténès. Minerai de Sidi bou Aïssi, 1er échantillon.	39,0	200
— — — — 2e échantillon.	39,0	230
— — — — (a) 3e échantillon.	17,3	165
— — Minerai du Kaf el Hamam. 1er échantillon.	40,0	440
— — — — (b) 2e échantillon.	24,0	300
— — — — (c) 3e échantillon.	40,0	308
— — — Minerai du Djebel Maden.	22,0	55
Matte brune de Mouzaïa.	»	84
Matte blanche de Mouzaïa.	»	140
2° MINERAIS DE PLOMB.	en plomb.	
Galène à facettes de la Boudjaréah.	84	40
— à grains d'acier et fibreuse.	84	73
— à facettes de Milianah.	74	97
— compacte à cassure résineuse de Milianah.	50	43
— à grandes lames de Beni Abès (Kabylie).	83	6

(a) La proportion d'argent, relativement au cuivre, est plus grande dans cet échantillon que dans les deux précédents, parce qu'il est accompagné d'une gangue argentifère, d'oxydes d'antimoine et de fer provenant de l'oxydation du minerai.

(b) *Idem.*

(c) Cette variété de cuivre gris renferme un peu d'or.

(*Résultats des expériences de M.* FLAJOLOT, *ingénieur des mines à Blidah.*)

N. B. M. Flajolot a analysé plus récemment des minerais de cuivre pyriteux de galène et de cuivre gris provenant du gisement de l'oued bou Mallou, près de Ténès. Trois échantillons ont donné respectivement 1.120 gr., 1.000 gr. et 70 gr. d'argent au quintal métrique. On n'avait pas rencontré jusqu'ici en Algérie de minerais aussi riches en argent.

---

sur l'industrie minérale dans la province de Liége.

Le bassin houiller de Liége a une longueur de 25 kilomètres et une largeur moyenne de 8 à 10 kilomètres. M. Dumont, qui a publié vers 1835 un mémoire fort estimé sur la constitution géologique de cette province, évaluait, à cette époque, le nombre des veines exploitables à 83, dont 64 étaient exploitées. Au commencement de 1848, il y avait en pleine activité 100 siéges d'exploitation ; mais, en 1849, on n'en comptait plus que 83. En 1850, le nombre s'est élevé à 96, et en 1851 à 97. On peut le porter à 101 pour 1852. Le relevé comparatif des quantités de houille extraites et des ouvriers employés pendant ces trois dernières années fera mieux ressortir encore l'amélioration obtenue.

ANNÉES.	SIÉGES d'exploitation en activité.	PRODUCTION.		NOMBRE d'ouvriers.	MACHINES à vapeur.
		Tonnes.	Valeurs en francs.		
1849	83	1.062.834	8.013.010	11.659	145
1850	96	1.221.225	8.817.927	11.781	146
1851	97	1.293.099	9.071.128	12.615	151

Une grande partie de cette production est absorbée par les besoins de l'industrie locale. Ainsi, en 1851, les hauts-fourneaux ont consommé approximativement 3 millions d'hectolitres de charbon; les fabriques de fer, 900.000 hectolitres; les machines à vapeur, 2.800.000 hectolitres, soit une consommation totale de 6.700.000 hectolitres environ ou 536.000 tonnes.

Les autres usines, sucreries de betterave, fabriques de zinc, cristalleries, les établissements pour le gaz, etc., etc., et les usages domestiques, peuvent avoir absorbé, pendant la même année, 300.000 tonnes. Il sera donc resté disponible pour l'exportation et particulièrement à la destination de la France une quantité approximative de 358.000 tonnes, représentant une valeur d'environ 2.792.400 francs. Le débouché extérieur n'a donc, on le voit, qu'une importance très-limitée pour le bassin de Liége. La Hollande continue à s'approvisionner, pour la plus grande partie de sa consommation, de charbons provenant de l'Angleterre, de la Roer et

du Hainaut, et l'irrégularité, ainsi que les frais considérables de la navigation de la Meuse, entravent les expéditions de la France. Pour remédier à cette fâcheuse situation, la chambre de commerce de Liége réclame avec instance la prompte exécution du canal de la Campine, qui doit joindre l'Escaut à la Meuse, ainsi que l'amélioration du cours de ce dernier fleuve. La même chambre constate que la réduction du prix de transports par le railway de l'État, des charbons destinés à l'exportation par mer, n'a eu jusqu'à ce jour qu'un résultat insignifiant, ce qu'elle attribue à l'insuffisance du taux de la diminution accordée.

Parmi les causes qui empêchent les charbonnages de la province de Liége d'atteindre le même degré de prospérité que les exploitations houillères du Hainaut, il importe de mentionner la différence de qualité. Une partie du bassin de la Meuse et notamment les cantons de Rattice, de Clermont et de Huy ne donnent, en général, que de la houille demi-grasse et de la houille maigre. On ne trouve nulle part une qualité équivalente à celle du *flénu*, analogue au *cannel-coal* des Anglais, et que nos industriels recherchent de préférence pour toutes les opérations, comme celles de la fabrication et du raffinage du sucre, où l'évaporation joue un rôle important. Certaines espèces de charbons du bassin de Liége possèdent, il est vrai, des propriétés spéciales pour la fusion des minerais, le travail des verreries, la fabrication des briques et de la chaux et le foyer domestique.

Les principaux charbonnages sont ceux de Sainte-Marguerite, de Bellevue, de la Haye, de Baneux, de Vandre, de la Chartreuse, du val Benoît, du Grand-Bac, de Marihage, de l'Espérance, de Seraing, etc., etc.

Industrie minérale.

Les établissements métallurgiques *pour le fer* sont au nombre de sept dans la province de Liége, à savoir : 1° Sclessin; 2° Seraing (société Cockerill); 3° Seraing (société de l'Espérance); 4° Ougrée (hauts-fourneaux); 5° Ougrée (fabrique de fer); 6° Grivegnée; 7° Bressoux. Ils contiennent ensemble 21 hauts-fourneaux.

La production de la fonte dans la province de Liége est actuellement évaluée à 650.00.000 de kilogrammes, dont un tiers environ en fonte de moulage et deux tiers en affinage. Elle pourrait être portée aisément à 100.000.000 de kilogrammes, si les débouchés étaient plus étendus.

Les forges et laminoirs de la province de Liége se trouvent à Seraing, Ougrée, Sclessin, Grivegnée et Bressoux. Forges et laminoirs.

La production totale de ces cinq usines est descendue en 1849 à 19 millions de kilogrammes de fer; elle est remontée en 1850 à 20 ou 25 millions de kilogrammes. La quantité est à peu près la même pour 1851. Cette fabrication a absorbé 30 millions de kilogrammes de fonte.

On peut juger du développement de cette branche de fabrication par ce seul fait que la clouterie de Liége a consommé en 1851 plus de 8 millions de kilogrammes de fer. Elle n'occupe pas moins de 5.000 ouvriers. Ses exportations augmentent chaque année. La fabrication des clous à la main, favorisée par la baisse considérable du prix du fer, est une précieuse ressource pendant l'hiver pour les habitants des campagnes qui installent à peu de frais de petits ateliers. Clouterie.

Liége et Huy possèdent vingt tôleries environ mues par cours d'eau et dont la production est très-importante. Ce sont les grandes usines à fer de Liége et de Charleroi qui leur fournissent la matière première de leurs fabrications. Tôlerie.

Aucune industrie ne contribue autant que celle du zinc à la prospérité de la province de Liége. Les établissements de la Vieille-Montagne, situés à Moresnet, à Saint-Léonard, à Angleur et à Tilfth, ont produit en 1851 9.775.498 kilogrammes de zinc brut. Il faut ajouter à cette quantité 1.920.353 kilogrammes fabriqués par l'usine de Valentin-Coq pour le compte de la même société; ce qui porte le chiffre total de sa production à 11.675.851 kilogrammes, soit 78 p. 100 de la production de la Belgique et 23 p. 100 de la production générale de l'Europe. Industrie du zinc.

Les laminoirs de la Vieille-Montagne à Angleur et à Tilfth, près Liége, ont produit en 1851 près de 6 millions de kilogrammes de zinc laminé. Le restant de la production en zinc brut a été dirigé sur les laminoirs que la société possède en France, et particulièrement dans le département de l'Eure. Par suite de la différence considérable qui existe entre les droits de douane imposés au zinc brut et la taxe afférente aux importations de zinc laminé, le laminage a pris dans notre pays une très-grande extension.

Les ventes effectuées en 1851 par la Vieille-Montagne s'élèvent au chiffre de 14.250.000 kilogrammes. Pour atteindre ce chiffre, qui est supérieur à celui de sa production, la société

a dû nécessairement faire des achats de zinc à l'étranger et particulièrement en Silésie, où les prix sont moins élevés qu'en Belgique. Il importe d'observer que le métal de cette provenance est d'une qualité inférieure; il est aigre et cassant, tandis que celui qui est obtenu par la fusion des minerais calaminaires de la province de Liége est beaucoup plus malléable et se prête plus aisément à une foule d'usages.

Les établissements que la VieilleMontagne possède en Belgique ne tarderont pas à recevoir une nouvelle extension. Ses trains de laminoirs, à Angleur, vont être portés à six; quatre seront affectés au laminage des feuilles et deux à celui des baguettes de zinc dont l'usage s'accroît chaque jour. On évalue à 4.500 kilogrammes la quantité de métal brut qu'un train peut laminer en vingt-quatre heures.

Dans le même établissement, on compte en pleine activité quarante-deux fours destinés à la fusion du minerai. Le nombre des creusets par four est en moyenne de quarante-six. Chaque four charge approximativement en vingt-quatre heures 2,000 kilogrammes de charbon et 950 kilogrammes de minerai.

Tous les ouvriers sont intéressés par des primes à réaliser des économies sur les matières premières qui leur sont livrées, minerai et combustible.

Cette prime s'élève annuellement de 800 à 1,000 francs; la première moitié leur est payée immédiatement, la seconde à la fin de la campagne. Sur tous les salaires, primes et marchés est opérée une retenue de 2 1/2 p. 100, dont l'emploi est ainsi réparti : 1 p. 100 pour la caisse de prévoyance instituée en faveur des vieillards, des veuves et des orphelins, et 1 1/2 p. 100 pour la caisse de secours qui alloue à l'ouvrier blessé la moitié de sa journée et le tiers lorsqu'il est malade. Grâce à ces diverses combinaisons financières et philantrhopiques, la société de la Vieille-Montagne possède des ouvriers intelligents, laborieux et moraux.

Indépendamment de la Vieille-Montagne, la province de Liége compte trois autres sociétés qui se livrent à l'exploitation du zinc.

Ce sont;

1° Corphalie, près de Huy, qui produit en moyenne annuelle 1.800.000 kilogrammes de zinc ct 500.000 kilogrammes de plomb. Cet établissement est en progrès;

2° La Nouvelle-Montagne, dont la production est évaluée à

1.500.000 kilogrammes de zinc et 300.000 kilogrammes de plomb;

3° La Grande-Montagne, sur les bords de la Meuse, dont le contingent s'élevait à 1 million de kilogrammes de zinc, mais qui, établie dans de mauvaises conditions, a presque entièrement suspendu ses travaux.

Il faut citer en outre l'établissement de M. de Lachêne, qui figure dans la production générale du bassin de la Meuse pour 500.000 kilogrammes.

Les prix du zinc n'ont pas suivi le progrès qui se manifeste dans la consommation de ce métal; ils sont stationnaires depuis quelques années. Le zinc brut continue de se vendre en moyenne 40 francs les 100 kilogrammes, et le zinc laminé 50 francs.

(*Extrait d'une communication de* M. Herbet, *consul général de France en Belgique.*)

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DEUXIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

CHIMIE.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME DEUXIÈME.

aaaa, pont supérieur,
bbbb, pont inférieur,
cccc, salon des premières,
ddd, salon des secondes,
eee, chaudières,
ff, cylindres des machines oscillantes,
gg, trous d'homme,
hh, ouvertures des cônes où se meuvent les machines,
iii, escaliers de communication des deux ponts,
kkk, chambres diverses,
ll, arbre de la roue,
mmm, palettes,
nn, cônes de bâbord et de tribord.

FIN DU TOME DEUXIÈME.

Paris. — Imprimé par E. Thunot et Ce, 26, rue Racine.

BIBLIOGRAPHIE.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1852.

FRANCE.

Annuaire du département de l'Ain pour 1852. Impr. Milliet-Bottier, à Bourg.

H. Fabret. De la construction des établissements d'aliénés. In-4 de 96 feuilles et demie. Impr. Rignoux, à Paris.

A.-M. Chazallon. Détermination des diverses ondes de la marée. In-8 d'une feuille. Impr. Dupont, à Paris.

A. Baudrimont. De l'existence des courants interstitiels dans le sol arable, etc. In-8 de 5 feuilles un quart. Impr. Balarac, à Bordeaux.

L. Brunet. Aperçu sur l'état et la question de l'amélioration de la Sologne. In-8 d'une feuille et demie.

G. Richelot. De la substitution du blanc de zinc au blanc de plomb dans l'industrie. In-8 de 2 feuilles trois quarts. Impr. Malteste, à Paris.

A. Buvignier. Statistique géologique, minéralogique, métallurgique et paléontologique du département de la Meuse. In-8 de 47 feuilles. Impr. Lallemant, à Verdun.

L. Figuier. Exposition et histoire des principales découvertes scientifiques modernes, 8e année. In-18 de 12 feuilles. Masson, Langlois et Leclercq, à Paris.

A. Daubrée. Description géologique et minéralogique du département du Bas-Rhin. 1 vol. in-8. Strasbourg, 1842.

Girardin et Dufrene. Cours élémentaire d'agriculture, tome II, 1 fort vol. in-18. Paris, Victor Masson.

E. Catalan. Traité élémentaire de géométrie descriptive. In-8

de 8 feuilles trois quarts et atlas. Carilian-Gœury et V[ve] Dalmont.

BRONNE. Comparaison entre les terrains primaires de la Bretagne et ceux de la Belgique. (Extrait des Annales des travaux publics de Belgique.)

ALC. D'ORBIGNY. Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques. Paris, Victor Masson.

A. MONGEOT. Essai d'une flore du nouveau grès rouge des Vosges. In-8, 5 pl. Épinal. V[e] Gley.

BELGRAND. Notice sur la carte agronomique et géologique de l'arrondissement d'Avallon.

QUIQUEREZ. Recueil d'observations sur le terrain sidérolitique dans le Jura bernois et particulièrement dans les vallées de Delemont et de Moutier. In-4°, 7 pl.

A. FAVRE. Sur la présence de la craie blanche dans les Alpes de la Savoie. (Bibl. univ. de Genève, 1852, in-8, 1 pl.)

E. LEFEBVRE. Annuaire statistique du département d'Eure-et-Loir pour 1852. In-12 de 17 feuilles. Garnier, à Chartres.

A.-T. PONSON. Traité de l'exploitation des mines de houille. — L'ouvrage formera 4 volumes in-8 de 500 pages chaque, et un atlas in-folio de 74 planches. Le tome I[er] est en vente. Carilian-Gœury et V[ve] Dalmont, à Paris.

GANOT. Traité élémentaire de physique appliquée, 2[e] partie. In-12 de 12 feuilles. Carilian-Gœury et V[ve] Dalmont, à Paris.

Annuaire statistique du département de Maine-et-Loire pour 1852. In-12 de 10 feuilles. Cosnier, à Angers.

DE MASSAS. Études sur les aciers dont l'artillerie fait usage. In-8. Corréard, à Paris.

L. GARREAU. Nouvelles recherches sur la respiration des plantes. In-8 de 2 feuilles trois quarts. Impr. Noblet, à Paris.

A. FOREST. Question du reboisement, examen des circonstances climatologiques, etc. In-8 de 11 feuilles. Guillaumin, à Paris.

ÉLIE DE BEAUMONT. Notice sur les systèmes de montagnes. 3 vol. in-18 de 44 feuilles, plus 5 cartes. Carilian-Gœury et V[ve] Dalmont, à Paris.

L. DE TEGOBORSKI. Études sur les forces productives de la Russie. 1 vol. in-8. Renouard, à Paris.

E. Lacour. Industrie des savons. In-8 de 5 feuilles. Impr. Rivoire, à Rouen.

Annales de l'Institut agronomique. 1 vol. in-8. Dusacq, à Paris.

G. Lamé. Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides. In-8 de 22 feuilles. Bachelier, Paris.

Pictet. Traité de paléontologie; 2ᵉ édit. considérablement augmentée. 4 gros vol. in-8, et atlas grand in-4. — Cet ouvrage est publié par livraisons : la première a paru en novembre 1852.

C.-E. Jullien. Des carbures de fer. In-18 de 3 feuilles et demie et 12 planches. Impr. Bouchard-Huzard, à Paris.

Publications de la Société d'agriculture, sciences et arts du département du Nord. In-8 de 18 feuilles. Impr. Aubers, à Douai.

E. Ville. Recherches sur les roches, les eaux et les gîtes minéraux des provinces d'Oran et d'Alger. In-4 de 54 feuilles et 4 planches. Impr. impériale.

J. Didion. Cours élémentaire de balistique. In-4 de 7 feuilles. Dumaine, à Paris.

J. Pelouze et Frémy. Abrégé de chimie. In-18. Masson, à Paris.

Becquerel. Traité d'hygiène publique et privée. Grand in-18. Labé, à Paris.

Orfila. Traité de toxicologie; 15ᵉ édit., revue et augmentée. 2 vol. in-8. Labé, à Paris.

Coulier. Questions de la céruse et du blanc de zinc. In-8 d'une feuille et demie. Carilian-Gœury et Vᵉʳ Dalmont, à Paris.

C.-D. Girard. Nouveau système de locomotion sur les chemins de fer. In-4 de 5 feuilles. Bachelier, à Paris.

J.-B. Dalmas. Coup d'œil géologique et historique sur Aubenas, Montpezat, etc. In-folio de 4 feuilles. Marc-Aurel, à Valence.

C. Falcos. Traité méthodique de la fabrication des tissus, 2ᵉ édit., considérablement augmentée. C. Reenwald, à Paris.

P. de Tchihatcheff. Description physique, statistique et archéologique de l'Asie Mineure; 1ʳᵉ partie. Grand in-8 de 40 feuille et demie et 12 planches. Gide et Baudry, à Paris.

F. de Saulcy. Voyage autour de la mer Morte et dans les terres

Bibliques, tome I. Grand in-8 de 25 feuilles. Gide et Baudry, à Paris.

Description des machines et procédés, etc., publiés par le ministre de l'intérieur et du commerce, tome LXXVII. In-4.

CH. ROBIN et F. VERDEIL. Traité de chimie anatomique et physiologique. 3 vol. in-8 et atlas.

GUYON. Voyage d'Alger aux Zibân. 1 vol. in-8 et atlas.

DELESSE. Recherches sur les roches globuleuses. In-4 de 8 feuilles et 4 planches. Gide et Baudry, à Paris.

ANGLETERRE.

C. DOWNES et C. COWPER. *The building erected*... Description du palais de Cristal construit dans Hyde-Park pour l'exposition universelle. In-4 avec atlas de 28 planches.

TH. MILLER. *Treatise on the differential*... Traité de calcul différentiel. In-8.

W. SCORESBY. *Magnetical*... Recherches sur le magnétisme, tome II. In-8.

BROWN. *Instruction to gaz consumed*... Instruction pour l'emploi avantageux et économique du gaz d'éclairage dans les établissement industriels, etc. In-12.

J. BUCKMAN. *A stratigraphical*... Classification géologique des terrains de la Grande-Bretagne. In-12.

W. PHILLIPS (feu). *On elementary*... Introduction à l'étude de la minéralogie. Nouvelle édition, considérablement augmentée; par H.-J. Brooke et W.-H. Miller. In-8.

R. BAIRD-SMITH. *Italian*... Sur les irrigations en Lombardie et en Piémont. Rapport adressé aux directeurs de la compagnie des Indes-Orientales. 2 vol. in-8.

W. SCORESBY. *Magnetical*... Recherches sur le magnétisme. 2 vol. in-8. Londres, 1844-52.

R. MURCHISON. *On the*... Sur les corps schisteux du Sichon et l'origine des sources minérales de Vichy. Broch. in-8.

J.-C. WARREN. *Description*... Description d'un squelette de *Mastodon giganteus* de l'Amérique du Nord. 1 vol. in-4. Boston, 1852.

DARRA. *Mineralogy*. Traité de minéralogie, 3e edition. Londres et États-Unis.

Information, etc. Documents sur la géologie et sur la topographie de la Californie. In-8, 13 pl. Washington.

ALLEMAGNE.

G. HAGEN. *Handbuch*... Manuel de l'ingénieur hydraulicien, 2e partie : fleuves et canaux. 3 vol. et atlas in-folio.

K. KARMARSCH. *Handbuch*... Manuel de technologie. 2e édit., considérablement augmentée. 2 vol. grand in-8.

G. ROSE. *Das krystallo-chemische*... Système cristallo-chimique de minéralogie. In-8. Leipzig, 1852.

HARTMANN. *Handbuch der*... Manuel du fondeur. 2e édit. 1 vol. avec atlas de 23 planches in-4.

DR. RINGLER. *Lehrbuch*... Traité de la coupe des pierres. 1 vol. et atlas de 48 planches in-folio.

M. J. SCHLEIDEN et C. SCHMID. *Encyclopädie der*... Encyclopédie des sciences naturelles considérées dans leurs rapports avec l'agriculture. 3 vol. in-8 avec 450 figures sur bois, intercalées dans le texte.

J. WEISBACH. *Der Ingenieur*... Recueil de tables, de règles et de formules. 2e édition. 1 vol. in-8 avec 180 figures sur bois, intercalées dans le texte.

A. ERDMANN. *Dannemora*.... Recherches géologiques et minéralogiques sur les mines de fer de Dannemora. In-8°, 16 pl. Stockholm, chez Norstedt.

PUGGAARD. *Ubersicht*... Coup d'œil sur la géologie de l'île de Moën. In-8. Berne, 1851. Chez Jenny.

STUDER. *Geologie der Schweiz*. Géologie de la Suisse.

HAUSMANN. *Bemerkungen*... Remarques sur la siénite zirconnienne. Gottingue.

H. DE DECHEN. Description géologique du Siebengebirge sur le Rhin : texte allemand avec une carte géologique. (*Extrait des Verhandlungen der Naturhistorichen Vereine der Preussischen Rheilande und Westphalens.*)

ITALIE.

B. Bizio. *Circa il modo*... Sur la manière dont on doit envisager les phénomènes capillaires, etc. Broch. in-8. Venise, 1852.

G. Mainardi. *Nella*... Note sur la théorie générale des surfaces. Broch. in-4. Rome, 1852.

G. Tenore. *Lezioni*... Leçons de minéralogie appliquée à l'art de l'ingénieur, etc. Naples, 1852.

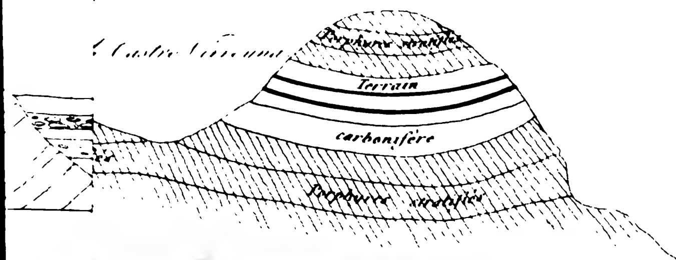
Paolo Savi et G. Meneghini. *Considerazioni*... Cousidérations sur la géologie stratigraphique de la Toscane. In-8, 1 pl. Florence, chez Jacopo Grazzini.

Provana de Collegno. *Nota*... Note sur les terrains des environs de la Spezzia. In-4.









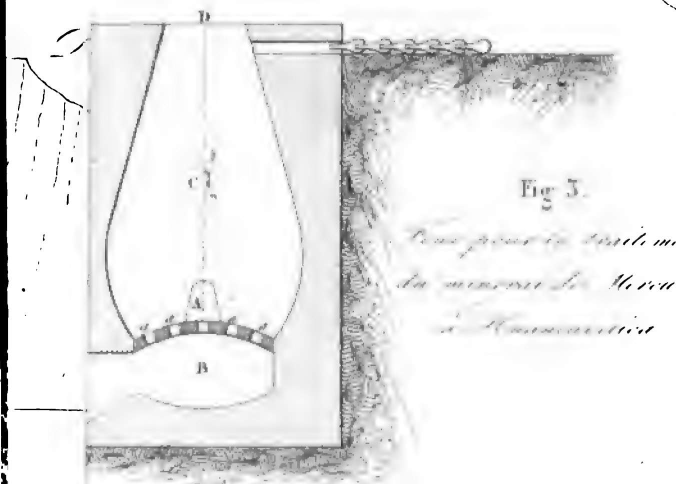


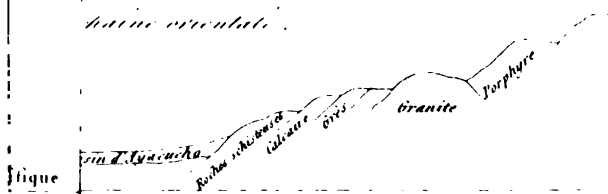
Fig 3.

gie des départements

ancavelica et d'Ayacucho.

(Péron.)

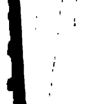
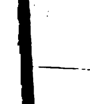
haine orientale.



tique

Lemaitre







Porphyre stratifié

Terrain

carbonifère

Porphyre stratifié

D

C

A

B

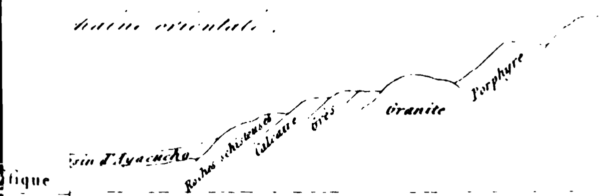
Fig. 3.

...gie des départements

...ncavelica et d'Ayacucho.

(Pérou.)

...haîne orientale.



...tique

Lemaitr...

Fig. 4

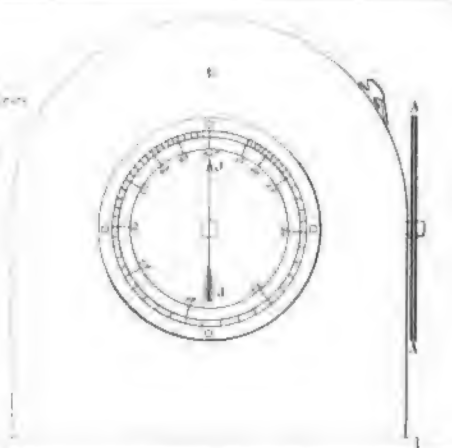


Fig. 9.

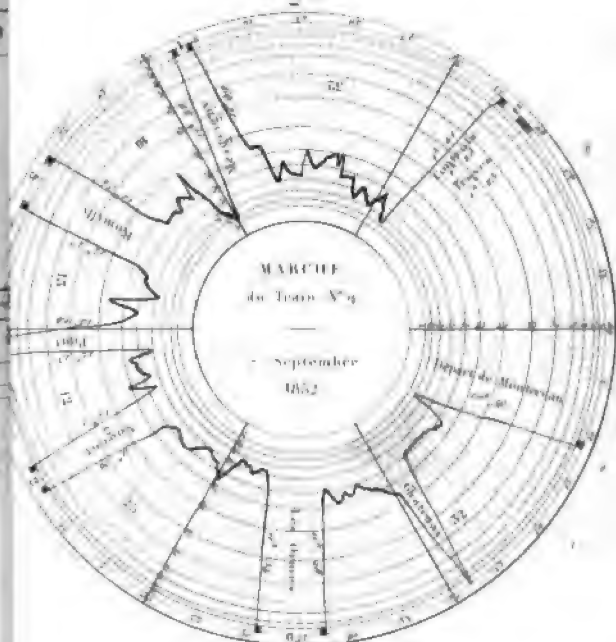
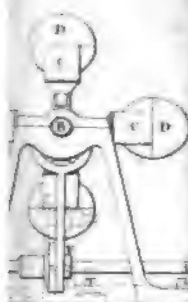
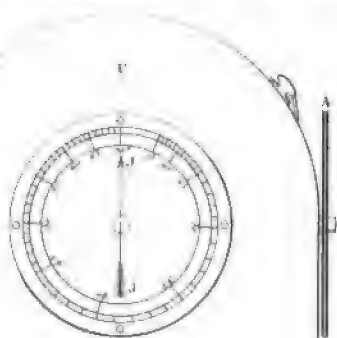


Fig. 8.







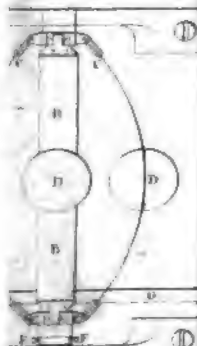


Fig. 9.

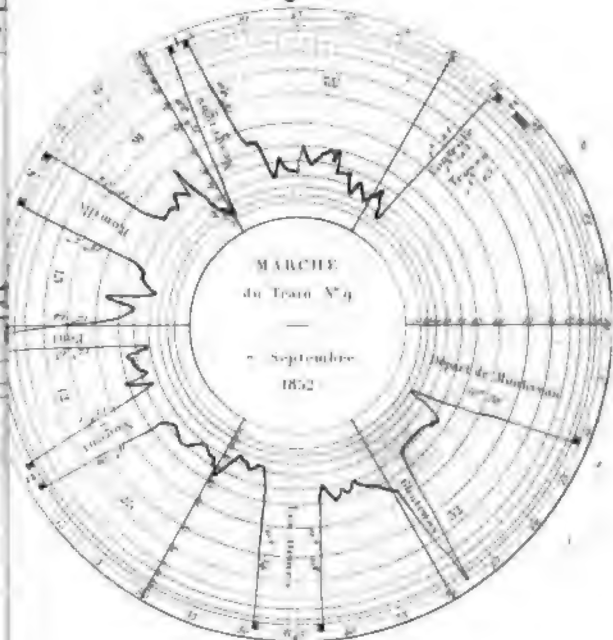
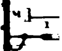


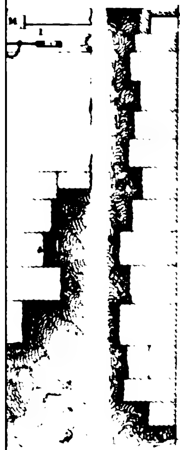
Fig. 8.

Lemaitre




ques pour



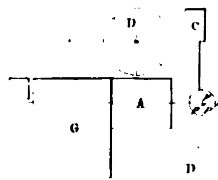


Fig. 3.

H

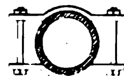
Y

Fi

Fig. 13.

Fig. 11.

Fig. 12.



la ligne OH.

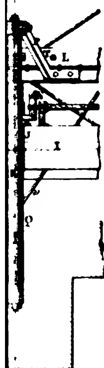
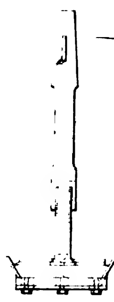


Fig. 15.

Fig. 6.



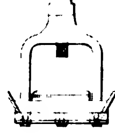
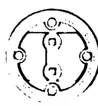
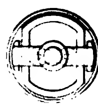


Fig. 9.





L

C

Plan.

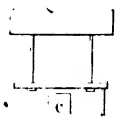


Fig. 14.

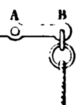
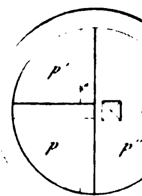


Fig. 10.





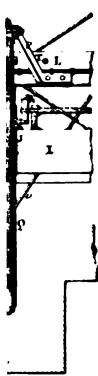




...nes pour

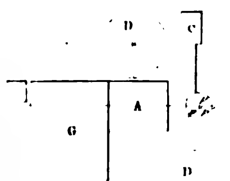


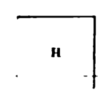
...ligne GH.



...lan.

Fig. 3.





Y

Fig. 4.

Fig. 11.

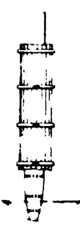


Fig. 13.

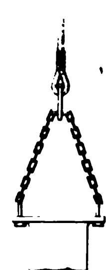


Fig. 12.



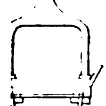


Fig. 15.



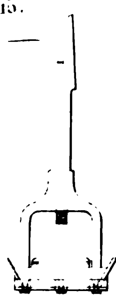


Fig. 6.

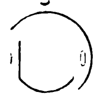
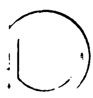
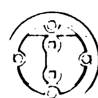
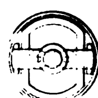


Fig. 9.







C

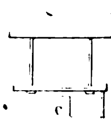
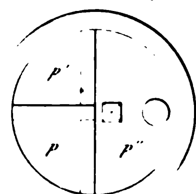


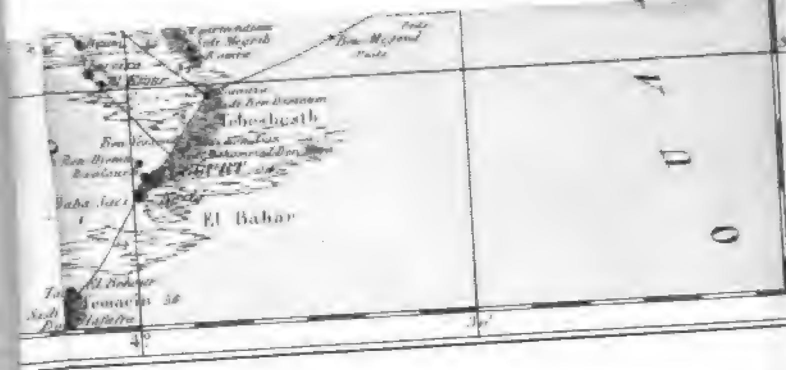
Fig. 14.

A B

Fig. 10.



Lemaître sc.

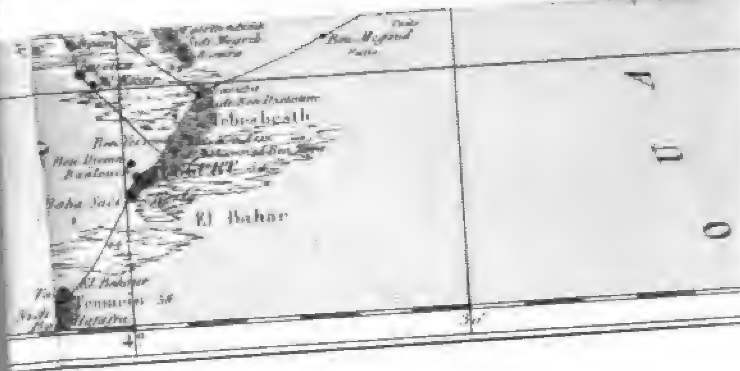


El Bahar

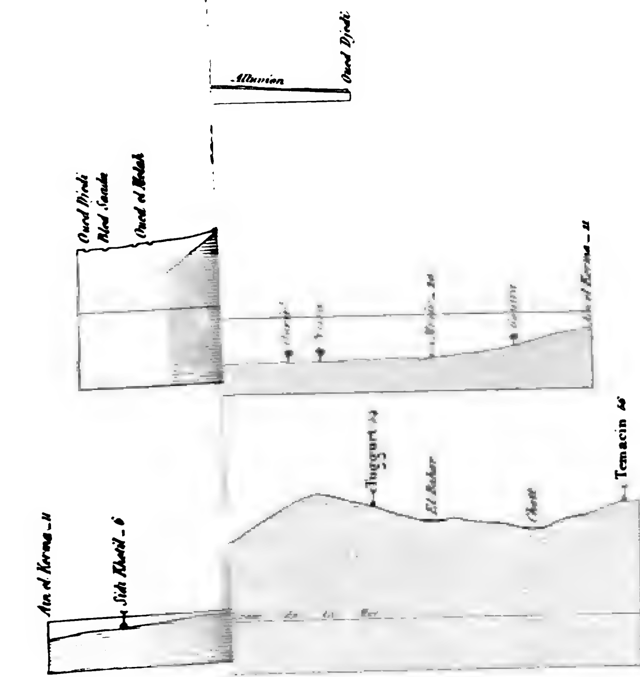
T.

Sid

B.

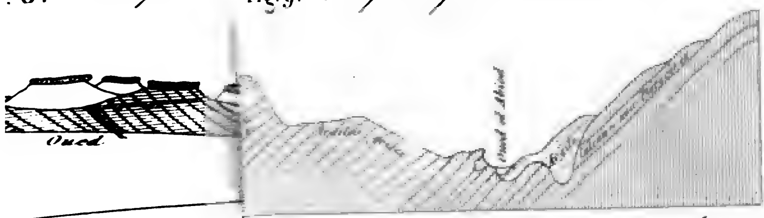






. 6. Coupe d

Fig. 9. Coupe auprès d'el Outaïa.



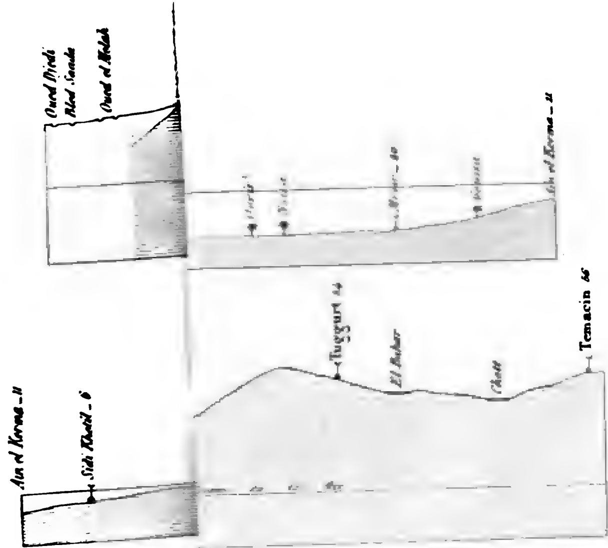
Echelle des longueurs

Echelle des longueurs

Echelle des hauteurs pour la Fig. 1 $\frac{1}{40.000}$

Echelle des hauteurs pour les Fig. 2 et 3 $\frac{1}{4.000}$

Lemaitre



. 6. Coupe d Fig. 9. Coupe auprès d'el Habel.



Echelle des longueurs

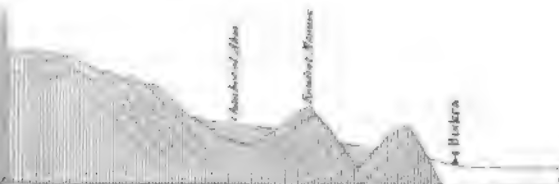
Echelle des longueurs

Echelle des hauteurs pour la Fig. 1 $\frac{1}{40.000}$

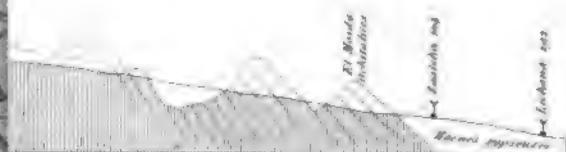
Echelle des hauteurs pour les Fig. 2 et 3 $\frac{1}{4.000}$

Lemaitr

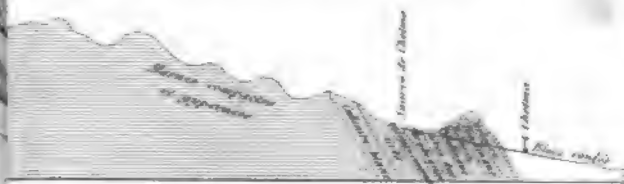
...upe à l'Ouest de Biskra.



...Lichana à Foum Khemezan.

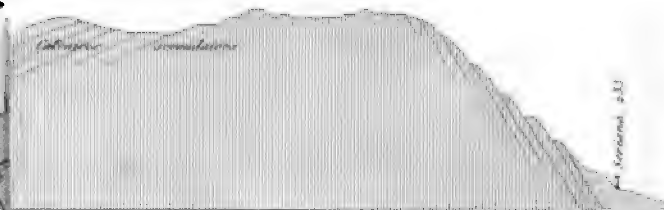


...Ouadi Abdi a Chelma

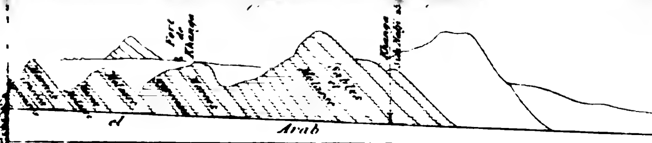


Bab ...

...Kheddou entre Mchouneck et Seriana.



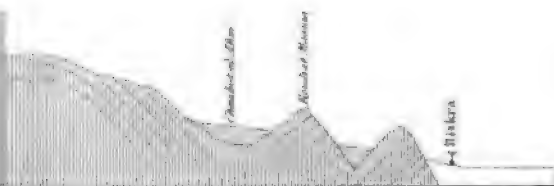
...Ouechar à Khanga Sidi Nadji

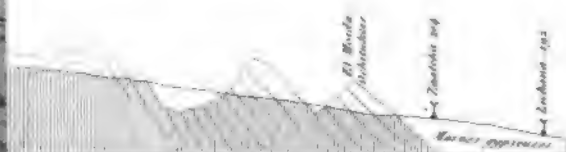


...longueurs pour les Fig. 4. 5. 7 et 10 1/100 000

Lemaitre sc.

...ape à l'Ouest de Biskra.

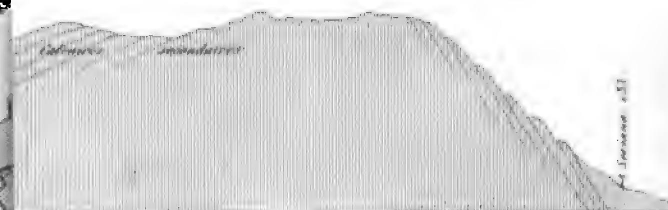


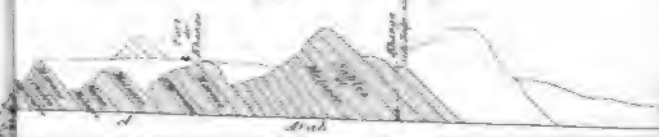




Bab el ...

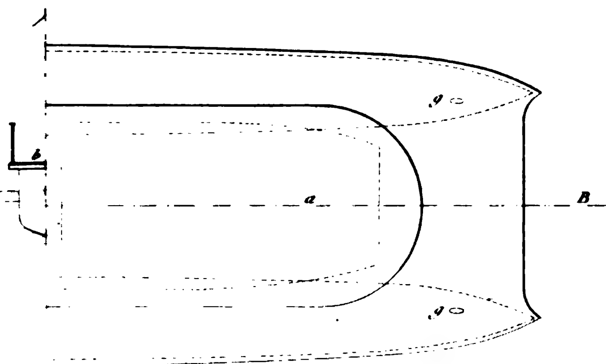
...r. Kheddou entre M'chounech et Seriana.

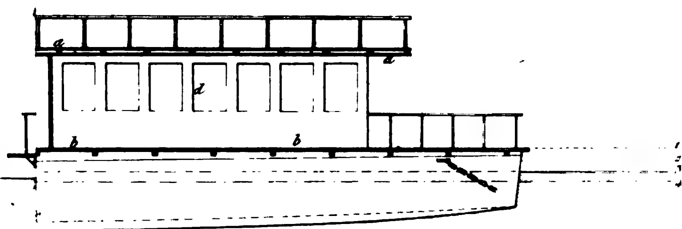




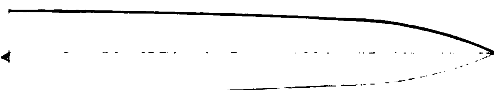
...Lemaitre...

Fig

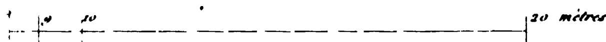




...ation N°3. Fig 2.

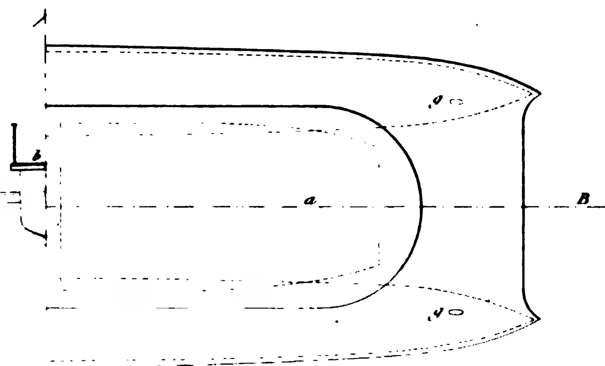


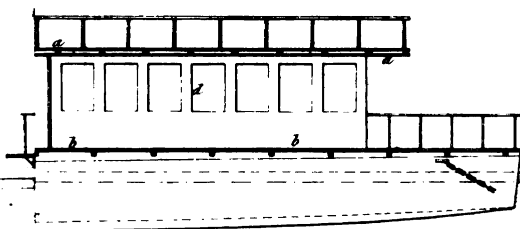
...le de 0.m 006 pour mètre.



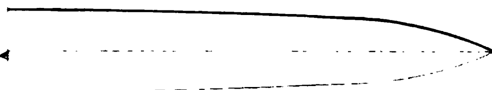
...ines. Lemaitre sc

Fig

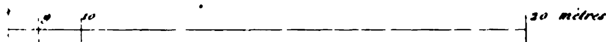


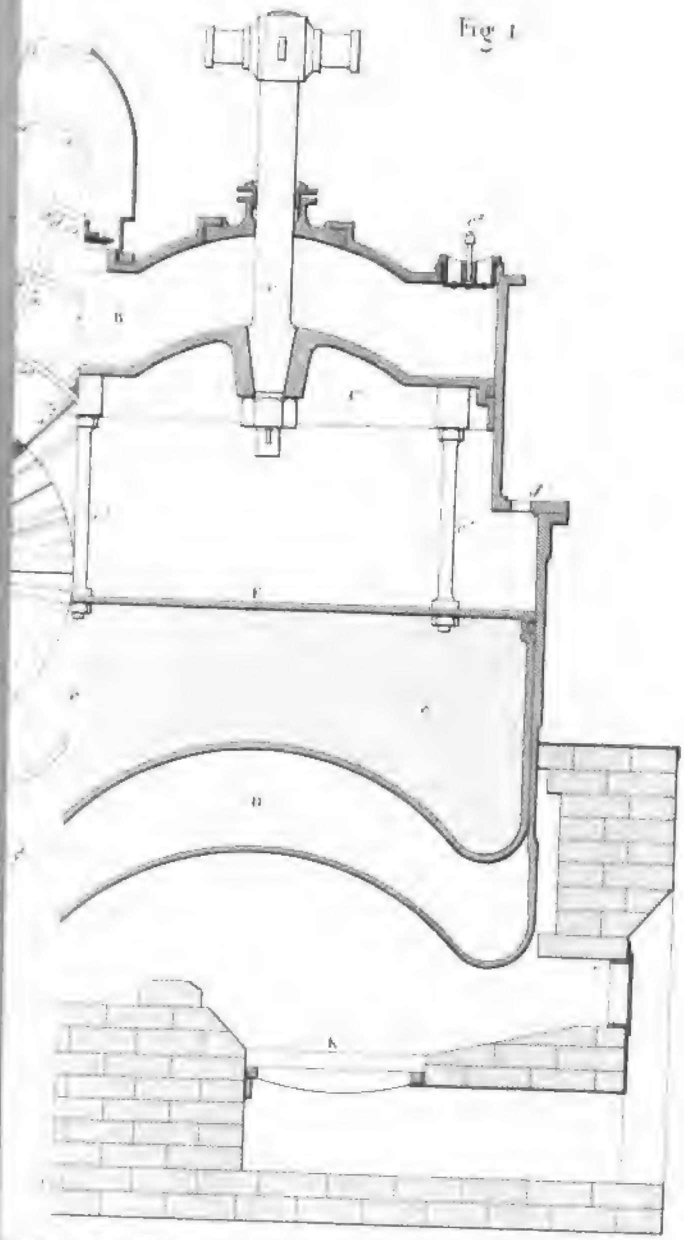


...n N° 3, Fig 2.



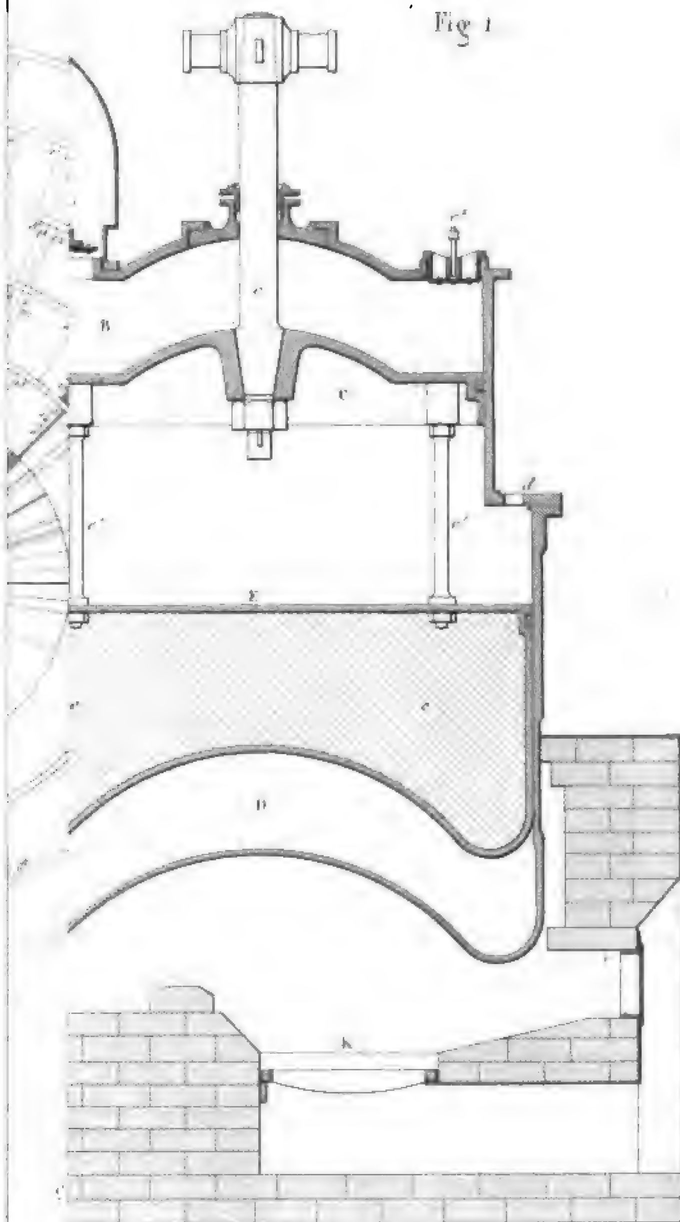
...e de 0,m001 pour mètre.




Fig. 1
B
C
D
E
K

…ndride, M.r Ericsson.

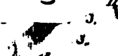
…our mètre.

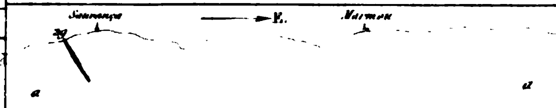


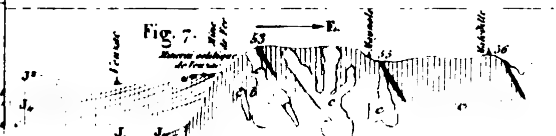


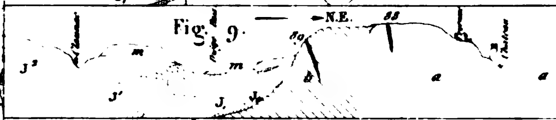


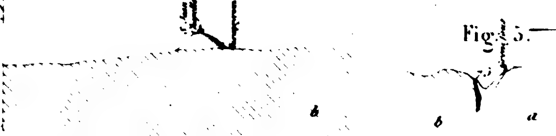
Ste Croix

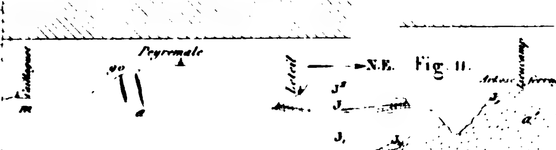

Fig. 1.


E.
a

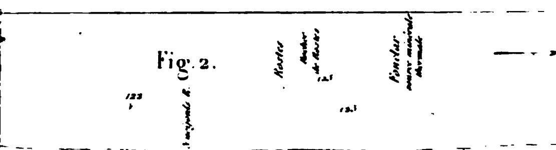

Fig. 7.
E.
53
36
a
b
c

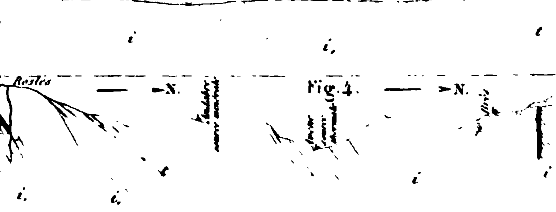

Fig. 9.
N.E.
88
a
b
m

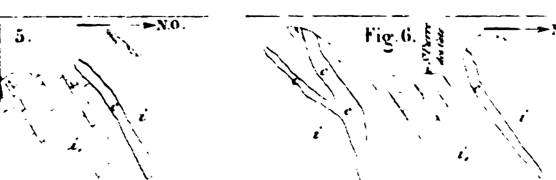

Fig. 5.
E.
a
b


Peyremale
N.E.
Fig. 11.
90
a
m

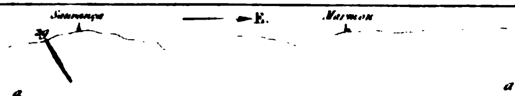

N.O
N.
112
117
a
c
i

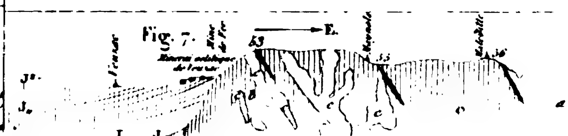

Fig. 2.
N.
i

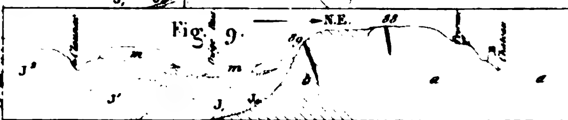

Rostès
N.
Fig. 4.
N.
i

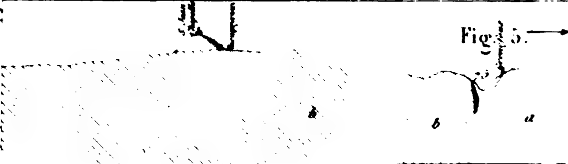

5.
N.O.
Fig. 6.
N.O.
c
i

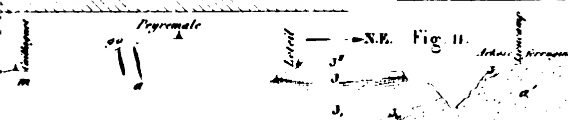




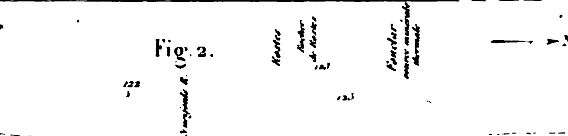




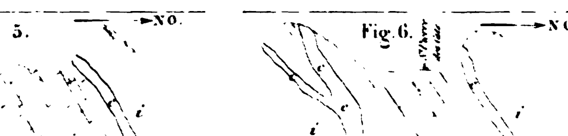












et suivantes.

Lemaître

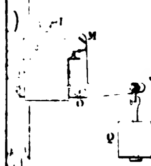
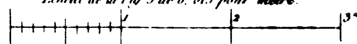


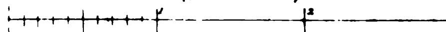
Fig 3.



Echelle de la Fig. 3 de 0m 015 pour mètre.



Echelle des Fig. 1 et 2 de 0m 02 pour mètre

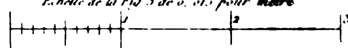


Lemaître

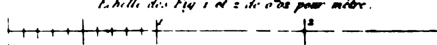
Fig 3.



Echelle de la Fig. 3 de 0m.015 pour mètre



Echelle des Fig. 1 et 2 de 0m.02 pour mètre.



Lemaît

